

Tartu Ülikool

Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Ökoloogia ja maateaduste instituut

Loodusteadusliku hariduse keskus

Külli Štukert

Arusaamad fotosünteesi protsessist 6., 9. ja 11 .klassi õpilaste näitel

Magistritöö (15 EAP)

Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja

Juhendaja: Regina Soobard, PhD

TARTU

2021

6., 9. ja 11.klassi õpilaste arusaamad fotosünteesi protsessist

Fotosünteesi peetakse üheks tähtsamaks teemaks loodusteadustes. Seda õpetatakse kõikides kooliastmetes. Antud magistritöö eesmärgiks oli uurida erinevate kooliastmete õpilaste arusaamasid fotosünteesi protsessist. Kuna töö kirjutaja töötab põhikohaga põhikooli õpetajana ja õpib gümnaasiumi õpetajaks, koosneb töö valim 6., 9. ja 11.klassi õpilastest. Olenevalt koolidest ja koolides kasutatavatest õpikutest-õpitakse seda teemat erinevates klassides. 6., 9. ja 11.klass on uuringus osalenud koolides õppinud antud teemat põhjalikumalt uuringu läbiviimise eelneval aastal. Eesmärgi täitmiseks viidi läbi küsitlus antud klassides, et välja selgitada, millised on õpilaste arusaamad fotosünteesi protsessist. Uuringust selgus, et õpilaste arusaamad fotosünteesist on üsna head. Erinevusi oli nii klasside kui soo lõikes ja esines ka väärarusaamu.

Märksõnad: fotosüntees, hingamine, arusaam, väärarusaam

CERCS: S272 Õpetajakoolitus

Grade 6,9 and 11 students understanding about the process of photosynthesis

Photosynthesis is known to be one of the most important topics in Nature/Natural Sciences. It gets taught in all years/levels/classes in school. The goal of this Master's theses was to research the understanding of photosynthesis amongst students within different class levels. The 6th 9th and 11th grades got selected because of the writer of this thesis works as a full time teacher in primary school and is studying in becoming a high school teacher. Depending on the schools and the different textbooks each school has, this topic gets taught in different classes. The schools and classes 6, 9 and 11 who took part of the research have studied this topic in more depth a year before this research. In order to achieve the goal, there was a questionnaire amongst these classes, to find out the students understanding of the process of photosynthesis. The research showed that their understanding/comprehension of photosynthesis is quite good. The main differences showed within different classes and genders and there were also some misunderstandings.

Keywords: photosynthesis, comprehension and misunderstanding

CERS: S272 Teacher education

Sisukord

Sissejuhatus	5
1. Kirjanduse ülevaade	7
1.1 Loodusteaduslik kirjaoskus	7
1.2 Õpilaste arusaamad fotosünteesi protsessist ja varasemad uuringud	8
1.2.1 Arusaamad ja väärarusaamad	8
1.2.2 Varasemad uuringud	9
1.3 Fotosünteesi ja raku hingamise teema riiklikus õppekavas	12
1.4 Fotosünteesi ja hingamise käsitus põhikooli ja gümnaasiumi õpikutes	13
1.4.1 Põhikooli ja algkooli loodusõpetuse õpikud	13
1.4.2 Põhikooli bioloogia õpikud	14
1.4.3 Põhikooli keemia õpikud	14
1.4.4 Gümnaasiumi bioloogia õpikud	15
2. Metoodika	16
2.1 Uuringu disain	16
2.2 Valim	17
2.3 Instrument, andmete kogumine, pilootuuring	17
2.4 Andmeanalüüs	19
3. Tulemused	20
3.1 Taimede ehitus ja toitumine	20
3.2 Fotosüntees ja energia	23
3.3 Fotosüntees kui keemiline reaktsioon	25
3.4 Fotosüntees ja hingamine	27
3.5 Fotosünteesi tähtsus looduses	31
4. Arutelu ja järeldused	33
Kokkuvõte	36

Kasutatud kirjandus	37
Summary	41
Lisad	42

Sissejuhatus

Fotosüntees on üks tähtsamaid biokeemilisi protsesse looduses. Suurem osa elusorganismidest sõltuvad sellest kas otseselt või kaudselt (Skribe-Dimec ja Strgar, 2017). Seetõttu on oluline seda protsessi mõista ning teada, kuidas on omavahel seotud fotosüntees ja hingamine ja energia muundumine ühest liigist teise. Head teadmised fotosünteesist annavad õpilastele võime ja arusaamise seostada erinevaid Maal toimuvaid protsesse ja näha globaalprobleemide tagamaid.

Fotosünteesist arusaamine on oluline, sest elu Maal ei saa eksisteerida ilma fotosünteesita, süsihappegaasi sisaldust atmosfääris saab fotosünteesiga vähendada. Seda on oluline teada sellepärast, et süsihappegaas on kasvuhoonegaas ja selle sisalduse tõus atmosfääris põhjustab kliima soojenemist. Ka on oluline õpilastel aru saada süsinikuringest, sest sellest arusaamine loob üldisi teadmisi sündmuste bioloogilise, keemilise, füüsikalise ja geoloogilise käigu kohta. Fotosüntees on silmale nähtamatu protsess ja selle õpetamisel kasutatakse tihti mudeldamist, seetõttu võib õpilastel olla raskusi fotosünteesist arusaamisega ja selle selgitamisega (Näs, 2011).

Erinevaid loodusteaduslikke uurimustöid on õpilaste seas tehtud juba aastakümneid. Teiste teemade hulgas on uuritud õpilaste arusaamasid fotosünteesi protsessist (näiteks Marmaroti ja Galanpoulou, 2006; Skribe-Dimec ja Strgar, 2017). Seda teemat on oluline uurida, sest fotosünteesi protsess on interdistsiplinaarne, hõlmates teadmisi erinevatest õppeainetest nagu bioloogia, geograafia, keemia ja loodusõpetus.

Põhikooli riiklikus õppekavas käsitletakse fotosünteesi teemat läbivalt kõikides põhikooli kooliastmetes:

„Loodusainete õpetamise eesmärk põhikoolis on kujundada õpilastes eakohane loodusteaduslik pädevus, st suutlikkus väärtustada looduslikku mitmekesisust ning vastutustundlikku ja säästvat eluviisi; oskus vaadelda, mõista ning selgitada loodus-, tehis- ja sotsiaalkeskkonnas eksisteerivaid objekte, nähtusi ning protsesse, märgata ja määratleda elukeskkonnas esinevaid probleeme, neid loovalt lahendada, kasutades loodusteaduslikku meetodit; väärtustada looduslikku mitmekesisust ning vastutustundlikku ja säästvat eluviisi; hinnata looduses viibimist“ (PRÕK, 2011).

Eestis on erinevas vanuses õpilaste arusaamasid fotosünteesi ja hingamise kohta vähe uuritud. Välisriikides on antud teema kohta uuringuid tehtud oluliselt rohkem. Et saada teada, millised on õpilaste arusaamad fotosünteesist, saigi antud töö eesmärgiks uurida erinevate klasside

õpilaste arusaamasid fotosünteesi protsessist. Lähtuvalt antud eesmärgist said püstitatud järgmised uurimisküsimused:

1. Millised on 6., 9. ja 11.klasside õpilaste arusaamad fotosünteesi protsessist?
2. Millised on poiste ja tüdrukute erinevused fotosünteesi protsessist arusaamisel?
3. Millised väärarusaamad on õpilastel välja kujunenud seoses fotosünteesi protsessiga?

Eesmärgi saavutamiseks tutvuti erialase kirjandusega, koostati küsimustik, kaasati küsimustiku koostamisse ekspert, lepiti kokku küsitluse läbiviimine erinevate koolidega, viidi läbi küsitlus, analüüsiti tulemusi ja tehti järeldusi.

Töö valmimisele kaasa aitamise eest tänan oma juhendajat Regina Soobardi, kelle head ja asjakohased nõuanded olid suureks abiks magistritöö valmimisel. Olen väga tänulik ka oma kolleegidele - bioloogiaõpetajatele, kes nõustusid küsitlust oma õpilastega läbi viima ja õpilastele, kes küsitlusele vastasid.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1 Loodusteaduslik kirjaoskus

Loodusteaduste õpetamise eesmärk koolis on loodusteadusliku kirjaoskuse kujundamine (Holbrook ja Rannikmäe, 2009). Näiteks peavad loodusainete tunnid kujundama õpilastes vajalikud teadmised ja oskused, et tänapäeva tehnoloogiat täis maailmas hakkama saada. Loodusteadusliku kirjaoskuse kujundamine kui loodusteaduste õpetamise eesmärk on määratletud Eestis gümnaasiumi ja põhikooli riiklikes õppekavades.

Gümnaasiumi riiklikus õppekavas (GRÕK, 2011) on toodud, et:

„Loodusainete õpetamise eesmärk gümnaasiumis on kujundada õpilastes loodusteaduslikku pädevust ehk loodusteaduste- ja tehnoloogiaalast kirjaoskust, mis hõlmab suutlikkust vaadelda, mõista ning selgitada loodus-, tehis- ja sotsiaalkeskkonnas (edaspidi keskkond) toimuvaid nähtusi; analüüsida keskkonda kui tervikust ja märgata selles esinevaid probleeme ning teha põhjendatud otsuseid; järgida probleeme lahendades loodusteaduslikku meetodit ning kasutada teadmisi bioloogilistest, füüsikalise-keemilistest ja tehnoloogilistest süsteemidest; väärtustada loodusteadusi kui kultuuri osa ning järgida jätkusuutlikku eluviisi.“ (GRÕK, 2011)

Põhikooli riiklikus õppekavas (PRÕK, 2011) on toodud, et valdkonna õppeainetega kujundatakse loodusteaduste- ja tehnoloogiaalast kirjaoskust, mis moodustab loodusteadusliku pädevuse ja läbi erinevate loodusainete (bioloogia, geograafia, keemia, loodusõpetus) arendatakse loodusteaduste- ja tehnoloogiaalast kirjaoskust, loovust ja süsteemset mõtlemist.

Õppekavades toodud üldiste loodusteadusliku kirjaoskuste määratluste kõrval on teaduskirjanduses toodud loodusteaduslikule kirjaoskusele erinevaid definitsioone ning need on ajas muutunud. Näiteks on NRC (National Research Council, 1996) defineerinud loodusteaduslikku kirjaoskust kui teadmist ja arusaamist loodusteaduslikest mõistetest ja protsessidest tegemaks personaalseid põhjendatud otsuseid ja osalemaks aktiivselt ühiskondlikus elus.

Holbrook ja Rannikmäe (2009) on defineerinud loodusteaduslikku kirjaoskust kui loodusteaduslike teadmiste ja oskuste loovat rakendamist igapäevaelus ettetulevate loodusteadusliku sisuga probleemide lahendamisel ning põhjendatud otsuste tegemisel. Käesolevas töös lähtutakse loodusteadusliku kirjaoskuse defineerimisel PISA 2006. a määratlusest (OECD, 2006). Selle järgi defineeritakse loodusteaduslikku kirjaoskust kui:

- loodusteaduslikke teadmisi ja oskust teadmisi rakendada;
- loodusteadusliku sisuga nähtuste selgitamiste ja tõenduspõhiste järelduste tegemist;
- arusaamist teaduse olemusest;
- arusaamist sellest, kuidas loodusteadused ja tehnoloogia kujundavad meie ainelist, vaimset ja kultuurilist keskkonda;
- valmisolekut tegelda loodusteaduslike probleemidega kui kriitiliselt mõtlev inimene.

Toodud määratlusest on näha, et loodusteaduslik kirjaoskus on enam kui teadmised loodusteadustest ning olulisel kohal on teadmiste rakendamine, nähtust selgitamine, protsesside mõistmine ning valmisolek tegeleda loodusteadusliku sisuga probleemidega. Antud töö kontekstis on see definitsioon oluline, sest teadmised fotosünteesist on aluseks mitmete loodusteadusliku sisuga protsesside selgitamisel ja arusaamisel fotosünteesist ning võivad aidata kaasa ka ühiskonnas oluliste loodusteadusliku sisuga probleemide lahendamisele.

1.2 Õpilaste arusaamad fotosünteesi protsessist ja varasemad uuringud

1.2.1 Arusaamad ja väärarusaamad

Fotosüntees on üks olulisemaid biokeemilisi protsesse looduses (Marmaroti ja Galanpoulou, 2006). Teadmised fotosünteesist võimaldavad meil mõista - kuidas maailm kui ökosüsteem toimib ja kuidas fotosüntees on kui sild elutu ja elava maailma vahel (Skribe-Dimec ja Strgar, 2017). Samas ainuüksi teadmised ei taga seda, et õpilased saaksid õpitavast aru (Perkins, 1993). Sõna „teadmine“ kasutatakse väga erinevates tähendustes. Meos (2010) toob välja teadmise kolm tähendust: 1. Teadmine kui tuttavolek; 2. Teadmine kui oskus midagi teha; 3. Teadmine kui informatsiooni omamine.

Teadmised mõjutavad arusaamade teket, sest kuigi õpilane võib teemat või mõisteid teada, siis see ei tähenda veel, et ta oskab mingit nähtust selgitada, põhjendada ja seostada teadmisi omavahel protsesside selgitamisel (Krull, 2018; Wiggins ja McTighe, 1998; Pedaste ja Sarapuu, 2010). Samas õigete arusaamade tekkeks on vaja korrektseid teadmisi. Vastavalt Meos (2010) teadmiste jaotusele võib antud töö kontekstis teadmised fotosünteesist liigitada teadmiste kui informatsiooni omamise alla. Neid teadmisi saab sõnastada ja õpilased saavad teadmisi fotosünteesi kohta omandada lugedes, kuulates või vaadates.

Selleks, et teadmistest kujuneks välja korrektsed ja püsivad õiged arusaamad, tuleb vajadusel valed teadmised asendada õpetamise käigus õigetega. Varasemad uuringud on näidanud, et kui valesid teadmisi ei ole parandatud, võivad kujuneda neile tuginevalt püsivad väärarusaamad algkoolist ülikoolini välja (Canal, 1999).

Rannikmäe ja Teppo (2010) on välja toonud seaduspärasusi õpilaste arusaamade kohta ja ilmestanud neid näidetega: õpilaste arusaamad on personaalsed, aga samas esineb ka õpilaste arusaamades teatavaid sarnaseid jooni (eri maade ja eri vanuses laste seas). Õpilaste arusaamad on püsivad, näiteks koolis õpitud väärarusaam, et taimed hingavad süsihappegaasi, püsib veel täiskasvanueas. Õpilaste arusaamasid iseloomustab seostamatus ja paljusid.

Väärarusaamade kujunemine erinevate teemade õppimisel on koolis üsna tavaline. Väärarusaamade kujunemisel võib olla rida erinevaid põhjuseid. Rannikmäe ja Teppo (2010) nimetavad väärarusaamade kujunemise põhjuseid, tuues välja, et väärarusaamad võivad tekkida siis, kui loodusteaduslikke õppeaineid õpetatakse eraldi, võivad tekkida vääriti mõistmised terminoloogias ja seetõttu ei pruugi mõistetevahelisi seoseid tekkida.

1.2.2 Varasemad uuringud

Maarika Vällik uuris oma 2018. aasta magistritöö raames arusaamasid ja väärarusaamasid fotosünteesi protsessist Tabivere 5.-9.klassi õpilaste näitel. Ta viis läbi intervjuud õpilastega, et välja selgitada õpilaste arusaamasid ja väärarusaamasid fotosünteesi protsessist. Tema tööst tuli välja, et õpilastel on sarnaselt varasemate maailmas läbiviidud uuringutega kujunenud välja väärarusaamad fotosünteesi protsessist. Nagu ka paljudest varasematest uuringutest on selgunud, peavad osad õpilased fotosünteesi põhieesmärgiks hapniku tootmist. Samuti ei tea osad õpilased, et fotosüntees toimub kõigis taimede rohelistes osades, mitte ainult lehtedes. Segadust on ka fotosünteesi lähteainetega, süsihappegaasi kui lähteaine tähtsust alahinnatakse. Õpilased teavad, et fotosünteesi toimumiseks on vaja päikesevalgust, aga vaid vähesed teavad, milleks seda täpsemalt vaja on (Vällik, 2018).

Samuti selgus tema tööst, mille käigus viis ta läbi intervjuud loodusainete õpetajatega, et õpetajad soovivad antud teemat rohkem näitlikustada, teha erinevaid katseid ja õpetada fotosünteesi teemat aineüleselt, mitte ainete kaupa (Vällik, 2018).

Õpilaste arusaamasid ja väärarusaamasid fotosünteesi kohta on maailmas palju uuritud Nendest uuringutest selgus, et õpilastel üle maailma on sarnased väärarusaamad fotosünteesi protsessist, millest ülevaade on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Levinumad väärarusaamad fotosünteesi protsessist uuringute lõikes

Uuringu nimetus ja läbiviija(d)	Väärarusaamad
Özay, E. & Öztaş, H. (2003). Keskkooli õpilaste tõlgendused fotosünteesist ja taimede toitumisest.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Taimed suurendavad oma massi selle arvel, mis tuleb mullast ja veest. 2. Taimi kutsutakse tootjateks sellepärast, et taimed toodavad puuvilju või juurvilju. 3. Taimed hingavad ainult öösel. 4. Taimed kasutavad päikeseenergiat, et näha tervemad välja. 5. Taimed kasutavad päikeseenergiat, et püsida soojas.
Keleş, E. & Kefeli, P. (2010). Õpilaste väärarusaamade välja selgitamine fotosünteesi ja hingamise kohta ja nende parandamine cai materjali abil.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Päikesevalgus teeb taimed tervemaks, tugevamaks ja annab taimedele ilusama värvi. 2. Päike on taimedele toiduks. 3. Süsihappegaas on taimedele toiduks. 4. Taimede toiduks on vesi ja mineraalained, mida taimed võtavad loodusest. 5. Süsihappegaas on taimedele kahjulik. 6. Fotosünteesi käigus muundatakse süsihappegaas hapnikuks. 7. Fotosünteesi käigus muundatakse päikesevalgus toiduks.
Marmaroti, P.& Galanopoulou, D. (2006). Õpilaste arusaamad fotosünteesi kohta: küsimustik kõigi aspektide samaaegseks hindamiseks.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Taimed toituvad samamoodi nagu inimesed ja loomad. 2. Fotosüntees on taimede hingamine. 3. Energia on fotosünteesi lähteaine. 4. Taimed saavad oma toidu mullast. 5. Taimed hingavad ainult päeval. 6. Fotosüntees ja hingamine ei saa toimuda samal ajal.
Cañal, P. (1999). Fotosüntees ja „hingamise pöördprotsess“: paratamatu väärarusaam?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Taimede hoidmine magamistoas on ohtlik. 2. Fotosüntees on taimede hingamine.
Skribe-Dimec, D., Strgar., J (2017). Arusaamad fotosünteesist algkooli õpilaste ja bioloogia õpetajaks õppivate tudengite seas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fotosünteesi peamine ülesanne looduses on toota hapnikku. 2. Taimed saavad päikeselt soojust.
Amir, R., Tamir, P. (1994) Süvaanalüüs fotosünteesi kohta käivatest väärarusaamadest: uurimispõhiste parandusjuhiste väljatöötamiseks.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fotosüntees on taimede hingamine. 2. Fotosüntees ja hingamine on vastupidised protsessid. 3. Fotosüntees ja hingamine täiendavad üksteist.
Eisen, Y., Stavy, R. (1988) Õpilaste arusaamad fotosünteesist.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Taimed saavad oma toidu mullast.
Yenilmez, A., Tekkaya, C. (2006) Õpilaste arusaamade parandamine fotosünteesi ja hingamise kohta.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Taimed kasutavad süsihappegaasi hingamiseks, siis kui ei ole päikesevalgust, et fotosünteesida. 2. Taimedel toimub hingamine ainult lehtedes olevates rakkudes. 3. Rohelised taimed võtavad süsihappegaasi ja neist väljub hapnik ainult siis, kui nad hingavad. 4. Rohelised taimed hingavad ainult öösel kui ei ole valgust. 5. Rohelised taimed ei hinga, nad ainult fotosünteesivad.

	6. Taimed hingavad siis kui nad ei saa piisavalt palju energiat fotosünteesist ja loomad hingavad pidevalt kuna nad ei saa fotosünteesida.
Radanović, I., Garašić, D., Lukša, Ž., Ristić Dedić, Z., Jokić, B. & Sertić Perić, M. (2016). Arusaamad fotosünteesist sõltuvalt õpilaste vanusest.	1. Taimed fotosünteesivad päeval ja hingavad öösel.

Sloveenia teadlased Darja Skribe Dimec ja Jelka Stragr käsitlevad oma 2017. aasta artiklis uurimust, kus nad selgitasid välja 11-14-aastaste õpilaste ja 20-23-aastaste bioloogiaõpetajateks õppivate tudengite arusaamasid fotosünteesist ja leidsid, et need on väga erinevad. Üliõpilased, kes õppisid bioloogia õpetajateks, näitasid väga häid ja kompleksseid teadmisi fotosünteesi vallas, samas õpilastel esines mõningaid väärarusaamu. Vaid 38% õpilastest arvas, et fotosünteesi peamine ülesanne on toota glükoosi, üliõpilastest arvas nii 63%. Fotosünteesi lähteained ja saadusi teadsid nii õpilased kui ka üliõpilased päris hästi. Üliõpilastest 88,6% teadsid, et taimed muundavad päikeseenergia keemiliseks energiaks, samas õpilased seda nii hästi ei teadnud. Vaid 35,1 % õpilastest vastas selle küsimusele õigesti. Seda, et fotosüntees toimub taime rohelistes osades, teadis 88% üliõpilastest ja vaid 39,8% õpilastest. Õpilased arvasid enamasti, et fotosüntees toimub lehtedes, mis ei ole ka vale vastus, kuid õigem on siiski kõikides taime rohelistes osades. See arusaam võib tulla ka sellest, et alg- ja põhikooli õpikutes kujutatakse fotosünteesi protsessi näidatakse lihtsustatult lehe joonisel.

Radanović, Garašić, Lukša, Ristić Dedić, Jokić ja Sertić Perić (2016) uurisid arusaamasid fotosünteesist õpilaste ja bioloogia õpetajateks õppivate tudengite seas. Uuringust selgus, et nooremad õpilased arvavad, et taimed fotosünteesivad päeval ja hingavad öösel. Vanematel õpilastel (15-aastased), kellele on fotosünteesi juba detailsemalt õpetatud, on tekkinud väärarusaam, et fotosüntees toimub öösel. See on arvatavasti tulnud sellest, et on õpitud fotosünteesi valgus- ja pimedusstaadiumit.

Ka on Marmaroti ja Galanopoulou (2016) toonud välja, et fotosüntees on õpilaste jaoks keeruline teema, osaliselt seetõttu, et seda protsessi iseloomustavad mitmed erinevad aspektid. Õpilastes tekitab väärarusaamu taimede autotroofne olemus, hingamine ja energia muundumine fotosünteesi protsessi käigus. Uuringu käigus tuli välja, et õpilased ei tea täpselt, millist energia liiki on vaja fotosünteesi toimumiseks. Lisaks päikesevalgusele pakuti ka soojusenergiat või siis neid mõlemaid energialiike koos. Ka arvavad paljud uuringus osalenud õpilased, et taimed hingavad ainult öösel või ei hinga üldse. 20% õpilastest arvavad, et taimed hingavad ainult siis kui fotosünteesi ei toimu (ehk siis öösel) ja 20% usuvad et fotosüntees ongi

viis kuidas taimed hingavad. Õpilastes on välja kujunenud väärarusaam, et taimed saavad oma eluks vajaliku toidu mullast. See väärarusaam tekib õpilastes juba enne kui nad kooli lähevad. Isegi siis kui õpilased vastavad, et taimed saavad ise endale toitu toota, vastavad nad ka, et taimed võtavad kõik toitained ümbritsevast keskkonnast (Marmaroti ja Galanpoulou, 2016).

1.3 Fotosünteesi ja rakuhingamise teema riiklikus õppekavas

Fotosünteesi teemat õpitakse Eestis kõigis kooliastmetes. Fotosünteesi teema õppimisega alustatakse juba I kooliastmes (1.-3.klass). I kooliastme lõpuks õpilane 1) kirjeldab taimede, loomade ja seente välisehitust, seostab seda elukeskkonnaga ning toob näiteid nende tähtsuse kohta looduses; 2) eristab seeni, taimi ja loomi toitumise, kasvamise ning liikumisvõime järgi (PRÕK, 2011). I kooliastme lõpuks oskab õpilane planeerida ja läbi viia loodusvaatlusi, vaadelda taimede välisehitust, uurida ühte taime ja läbi viia lihtsamat uurimust, näiteks taime kasvu sõltuvus soojustest ja valgusest.

II kooliastme (4.-6.klass) lõpuks peaks õpilane olema omandanud fotosünteesi mõiste. Õpilane oskab selgitada fotosünteesi tähtsust orgaanilise aine tekkes. Õpilane teab hapniku rolli põlemisel, kõdunemisel ja organismide hingamisel ning hapniku tähtsust organismidele; teab, et süsihappegaas tekib põlemisel, kõdunemisel ja organismide hingamisel (PRÕK, 2011).

II kooliastme loodusõpetuse õppekava läbivaks teemaks on erinevad elukeskkonnad ja fotosünteesist saaks rääkida peaaegu iga teema juures.

III kooliastmes (7.-9.klass) õpitakse juba oluliselt rohkem erinevaid loodusteaduslikke õppeaineid (bioloogia, geograafia, keemia, loodusõpetus) ja fotosünteesi teemat õpitakse rohkemal või vähemal määral neis kõigis. 7.klassis õpitakse viimast aastat sellist õppeainet nagu loodusõpetus. 7.klassi lõpetaja toob näiteid igapäevaelust, kuidas energia muundub või muundatakse ühest liigist teise; selgitab fotosünteesi, hingamise ja põlemise näitel, et keemilistes reaktsioonides võib eralduda või neelduda energiat; selgitab füüsikaliste tegurite (soojus, valgus, niiskus) mõju elusorganismide kasvule ja arengule (PRÕK, 2011).

III kooliastme lõpuks oskab õpilane eristada looma- ja taimerakku ning nende peamisi osi joonistel ja mikrofotodel; koostab ja analüüsib skeeme fotosünteesi lähteainetest, lõppsaadustest ja protsessi mõjutavatest tingimustest ning selgitab fotosünteesi osa taimede,

loomade, seente ja bakterite elutegevuses. Praktilistest töödest ja/või IKT rakendamisest oskab uurida fotosünteesi mõjutavaid tegureid praktilise töö või arvutimudeliga (PRÕK, 2011).

Gümnaasiumi bioloogia õppesisuks fotosünteesi vaatenurgast on järgmine: organismide energiavajadus, energia saamise viisid autotroofsetel ja heterotroofsetel organismidel. Fotosünteesi eesmärk ja tulemus. Üldülevaade fotosünteesi valgus- ja pimedusstaadiumist ning neid mõjutavatest teguritest. Fotosünteesi tähtsus taimedele, teistele organismidele ning biosfäärile (GRÕK, 2011). Gümnaasiumi lõpetaja oskab läbi viia praktilist tööd või tööd arvutimudeliga fotosünteesi mõjutavate tegurite kohta. Hingamise tulemuslikkust mõjutavate tegurite uurimine praktilise töö või arvutimudeliga. Bioloogia kursuse lõpul õpilane: 1) analüüsib energiavajadust ja -saamist autotroofsetel ning heterotroofsetel organismidel 6) analüüsib fotosünteesi eesmärke, tulemust ja tähtsust; 7) koostab ning analüüsib skemaatilisi jooniseid ja mõistekaarte fotosünteesi seoste kohta biosfääriga; 8) väärtustab fotosünteesi tähtsust taimedele, teistele organismidele ning kogu biosfäärile (GRÕK, 2011).

1.4 Fotosünteesi ja hingamise käsitlus põhikooli ja gümnaasiumi õpikutes

Fotosünteesi ja raku hingamise teema on interdistsiplinaarne, mida käsitletakse nii otseselt kui ka kaudselt väga erinevates õppeainetes. Otsene käsitlus hõlmab eelkõige loodusõpetuse ja bioloogia ainet.

1.4.1 Põhikooli ja algkooli loodusõpetuse õpikud

Kaudselt on fotosünteesi teemat käsitletud juba 3.klassi loodusõpetuse õpikutes. Kirjastuse Koolibri õpikus (Sirel, 2013) kajastatakse seda teemat peatüki „Taimede tähtsus“ juures. Räägitakse üldiselt fotosünteesi olemusest, aga mõistet fotosüntees veel ei kasutata. Õpikus rõhutatakse taimede tähtsust hapniku tootmisel, orgaaniliste ainete tootmisele ei pöörata suurt tähelepanu (Sirel, 2013). Samas kirjastuse Avita õpikus (Elvisto, Hallik, Kriiska, Pumbo, Mazur, 2013) kirjeldatakse taimede teema juures fotosünteesi protsessi olemust jällegi nii, et ei kasutata mõistet fotosüntees. Protsessi olemuse kirjeldamiseks kasutatakse järgmisi lauseid: „Taim võtab mullast vett. Õhust võtab taim nähtamatut ja lõhnata süsihappegaasi. Nendest valmistab ta valget magusat suhkrut.“ (Elvisto jt, 2013). Õpikus on mainitud ka klorofüllil mõistet kontekstis, et suhkrust valmistab ka taim rohelist ainet.

II kooliastmes õpitakse fotosünteesi teemat juba üsna põhjalikult. 5.klassi loodusõpetuse Avita kirjastuse õpikus on kasutatud mõisteid fotosüntees ja glükoos, mida I kooliastme õpikutesse veel sisse toodud pole. Põhjalikumalt on lahti seletatud klorofüll ja glükoosi mõisted. Lisaks tuuakse sisse ka taimede hingamise teema: „Fotosüntees on protsess, mille käigus taimed valmistavad valgusenergia abil veest ja süsihappegaasist endale toitaineid, sealjuures vabaneb hapnik.“ (Jankovski ja Kuresoo, 2016). Kirjastus Koolibri on tõstnud Fotosünteesi teema 6.klassi loodusõpetuse õpikusse, kus ainuüksi sellele teemale on pühendatud terve samanimeline peatükk. Antud peatükis on selgitatud fotosünteesi protsessi olemust, lähteaineid, saaduseid. Eraldi on välja toodud, et fotosünteesi protsessi tulemusena tekib hapnik, mida on vaja organismidel hingamiseks. On kasutatud üldist mõistet organismid. Ei ole eraldi välja toodud, et ka taimed hingavad (Kaljula, Relve, Sirel, 2013).

Loodusõpetuse 7.klassi õpikutes tuuakse sisse keemilise energia mõiste – valgusenergia muundub keemiliseks energiaks. Oluline on, et kirjeldatakse seda, et fotosünteesi põhiülesandeks on kokku panna glükoos, hapnik on selle protsessi lisa saadus. Põhjalikumalt selgitatakse ka raku hingamise teemat. „Rakud kasutavad hapnikku, et muundada toitained (nt glükoos) reaktsioonide käigus taas veeks ja süsihappegaasiks.“ (Adamberg, Ivan, Sepp, 2016). Koolibri 7.klassi loodusõpetuse õpikus kasutatakse fotosünteesi ja raku hingamise teema õpetamisel loodusteaduslikku meetodit, kus kirjeldatakse katset taimedega, hüpoteesi püstitamist, probleemküsimuse esitamist ja katseandmete analüüsi ning järelduste tegemist.

1.4.2 Põhikooli bioloogia õpikud

Kõige põhjalikumalt õpitakse fotosünteesi teemat põhikooli 8.klassis. 7.klassis mainitakse fotosünteesi kaudselt peatüki Aine ja energiavahetus juures. „Taimed ja osa baktereid valmistab vajalikud ained ise: nad salvestavad fotosünteesi käigus päikeseenergia orgaanilistesse ainetesse“ (Relve, Kirk, Tuvikene, Pappel, Hain, Mägi, Randveer, Kollist, 2017). 8.klassis alustatakse fotosünteesi teemat lehe sise- ja välisehituse õppimisest. Fotosünteesi ja hingamise teemat on käsitletud väga põhjalikult. On välja toodud, millised tegurid mõjutavad fotosünteesi toimumist, selle kiirust ja seda, et fotosünteesi ei saa kiirendada lõpmatult.

1.4.3 Põhikooli keemia õpikud

8.klassi keemia õpikus mainitakse fotosünteesi protsessi olemust õhu teema juures. „Fotosünteesi käigus tarbivad taimed süsihappegaasi ja vett ning toodavad neist päikesekiirguses orgaanilisi aineid ja hapnikku“ (Töldsepp ja Lukason, 2012). Glükoosi ja

klorofüllli mõisteid antud teema juures ei käsitleta. Avita kirjastuse keemia õpikus käsitletakse fotosünteesi teemat ainete muundumise ehk keemilise reaktsiooni peatüki juures. Välja on toodud fotosünteesi võrrand kui keemilise reaktsiooni näide. „Fotosüntees on keemiline reaktsioon, mille lähteaineteks on süsihappegaas ja vesi ning saadusteks organismide elutegevuseks vajalikud hapnik ja glükoos.“ (Ivan, 2016). Klorofüllli ja fotosünteesi mõistet mainitakse ka 9.klassi keemia õpikutes süsiniku ja hapniku ühendite teema juures ja energia eraldumise ja neeldumise teema juures.

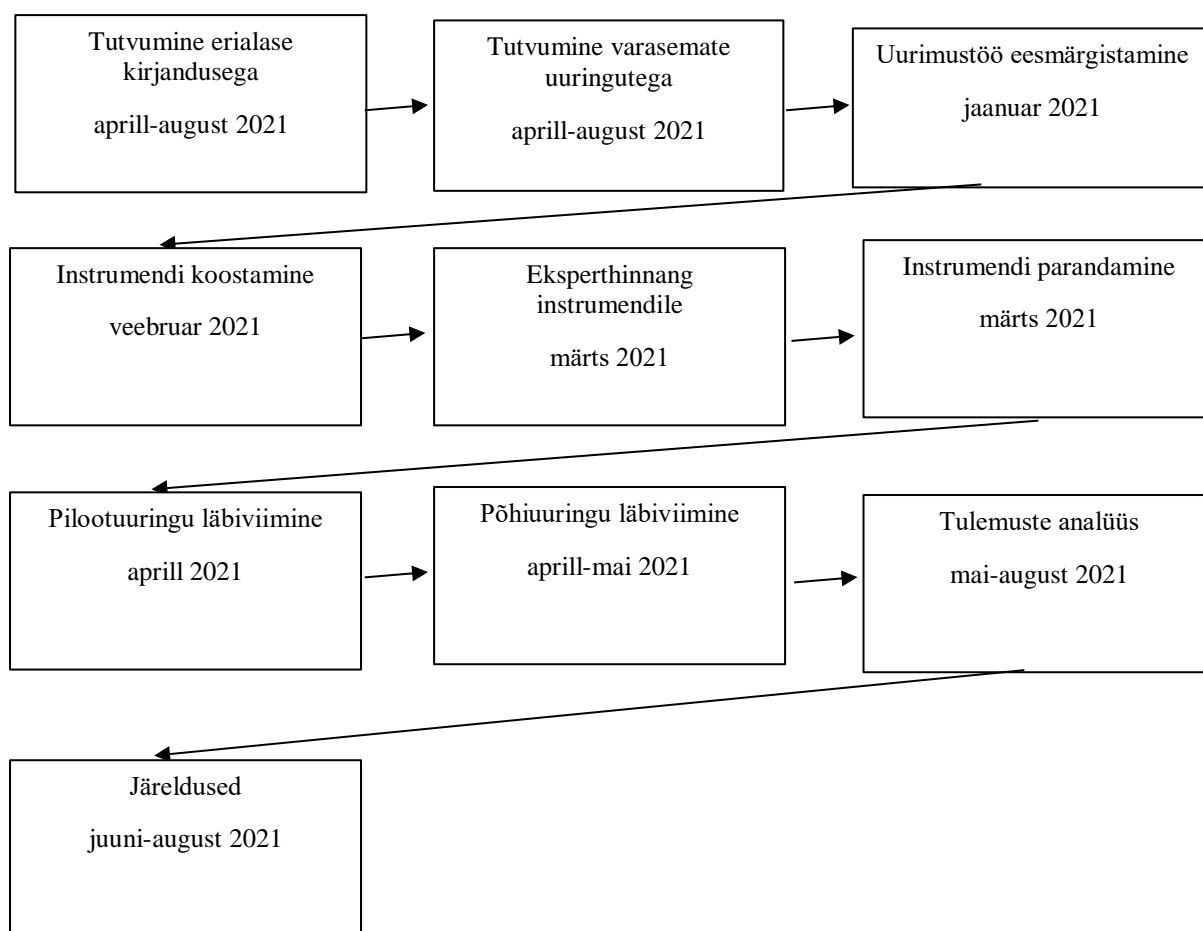
1.4.4 Gümnaasiumi bioloogia õpikud

Üsna põhjalikult käsitletakse fotosünteesi teemat gümnaasiumi astmes. Fotosünteesile on pühendatud kaks suurt peatükki – Fotosünteesis muudetakse valgus keemiliseks energiaks ja Fotosüntees mõjutab kogu elu Maal. Selgitatakse fotosünteesi olemust, fotosünteesiks vajalike ainete olemasolu, energiatega muundumist. Eraldi peatükis kirjeldatakse fotosünteesi valgus- ja pimedusstaadiumit. Selgitatakse lahti mõisted, mida varem pole käsitletud: tülakoidid, graanid, strooma, valgusstaadium, pimedusstaadium, NADP⁺/NADPH. Eraldi on välja toodud, et on olemas kahte tüüpi klorofüllli: klorofüll a ja klorofüll b. (Tenhunen, Hain, Venäläinen, Tihtarinen-Ulmanen, Holopainen, Sotkas, Happonen, Tsaro, Haldre, 2012)

2. Metoodika

2.1 Uuringu disain

Käesolevas uurimustöös selgitati välja erinevate klasside õpilaste arusaamad fotosünteesi protsessi olemusest. Uurimustöö läbiviimiseks tutvuti esmalt kirjanduse ja materjalidega. Tuginedes kirjandusele koostati küsimustik, mis koosnes viiest eraldi teemaplokist, kokku 18 küsimusega. Küsimustiku valideerimiseks kasutati eksperthinnangut pikaajalise kogemusega bioloogia õpetajatelt ning vastava valdkonna haridusteadlaselt. 2021. aasta aprillis viidi läbi pilootuuring ühe Jõgevamaa maakooli õpilastega. Pilootuuringu eesmärgiks oli teada saada, kas õpilased saavad küsimustest aru ja kas küsimustikuga saab vastused püstitatud uurimusküsimustele ning töö eesmärgile. Pilootuuringu käigus selgus, et küsimused olid õpilastele arusaadavad ja erinevate kooliastmete õpilased vastasid kõigile küsimustele. Ülevaade uuringu erinevatest etappidest on esitatud joonisel 1.



Joonis 1. Uurimustöö põhietapid

2.2 Valim

Andmete kogumiseks moodustati mugavusvalim, mis koosnes ühe maapiirkonna 6., 9. ja 11.klassi õpilastest ja kahe linnakooli 6., 9. ja 11.klassi õpilastest. Antud koolid ja klassid said valitud seetõttu, et käesoleva töö autor oli gümnaasiumipraktikal maakoolis ja saavutas õpetajate ja kooli juhtkonnaga kokkuleppe küsitluse läbiviimiseks. Linnakoolide valik tulenes sellest, et töö autor on ühes linnakooli põhikoolis loodusainete õpetajaks ja teises koolis oli kolleeg nõus uuringut läbi viima. Uuringus osales kokku 127 õpilast (Tabel 2). Uuringu läbiviimisest teavitati nii õpilasi, lapsevanemaid kui ka kooli juhtkonda.

Tabel 2. Põhiuuringus osalenud õpilaste arv

Klass	Poiste arv	Tüdrukute arv	Õpilaste arv kokku
6	27	31	58
9	10	22	32
11	12	25	37
Kokku	49	78	127

2.3 Instrument, andmete kogumine, pilootuuring

Uurimustöös kasutatud instrument koosnes 18 küsimusest (Lisa 1).

Küsimustiku koostamise aluseks võeti Marmaroti ja Galanopoulou 2006. aastal läbi viidud uurimus. Marmaroti ja Galanopoulou jagasid küsimused vastavatesse kategooriatesse:

1. Taimede ehitus ja toitumine. Nt Mis on taimede toiduks? Milline on klorofüll roll fotosünteesi protsessis? Miks kutsutakse taimi autotroofideks?
2. Fotosüntees ja energia. Nt. milline on Päikese roll fotosünteesi protsessis? Millal fotosüntees toimub? Millist liiki energiat on fotosünteesi toimumiseks vaja? Mis juhtub päikeseenergiaga fotosünteesi käigus?
3. Fotosüntees kui keemiline reaktsioon. Nt. mis on fotosünteesi lähteained ja millised ained tekivad fotosünteesi käigus?
4. Fotosüntees ja hingamine. Nt. Millised taimerakud hingavad? Millistes taimeosades fotosüntees toimub? Millal taimed hingavad? Millal leiab aset fotosüntees?
5. Fotosünteesi tähtsus looduses. Nt. Miks on taimed vajalikud inimestele ja loomadele?

Antud uuringus kasutatud küsimustest on toodud ülevaade tabelis 3.

Tabel 3. Instrumendi ülesehitus tuginedes kirjandusele ja õppekavale

Küsimuse nr ja sisu	Küsimuse päritolu/teema	Bioloogia ainekava põhikool (P) ja gümnaasium (G)
1.Fotosünteesi asukoht	Marmaroti, Galanopoulou (2006); taimede ehitus ja toitumine	Eristab looma- ja taimerakku, nende peamisi osi joonistel ja mikrofotodel (P).
2.Taimede roheline värvus	Marmaroti, Galanopoulou (2006); taimede ehitus ja toitumine	Analüüsib plastiidide, ülesandeid taime elutegevuses (G).
3.Klorofüllü asukoht taimes	Marmaroti, Galanopoulou (2006); taimede ehitus ja toitumine	Eristab taimeraku osi joonistel, mikrofotodel (P); analüüsib plastiidide ülesandeid taime elutegevuses (G).
4.Toitained taimele	Marmaroti, Galanopoulou (2006); taimede ehitus ja toitumine	Hindab eluks oluliste süsinikuühendite rolli elusorganismides, teab nende muundumise lõppsaadusi (P).
5.Klorofüll fotosünteesis	Marmaroti, Galanopoulou (2006); taimede ehitus ja toitumine	Koostab ja analüüsib skeeme fotosünteesi protsessi mõjutavatest tingimustest (P).
6.Fotosüntees ja energia	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosüntees ja energia	Analüüsib aine- ja energiavahetuse erinevate protsesside omavahelisi seoseid ning selgitab nende avaldumist looduses ja inimese igapäevaelus(P); seostab taimeorganite talitlust ainete liikumisega taimes (P).
7.Energia fotosünteesis	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosüntees ja energia	Analüüsib energiavajadust ja energia saamist autotroofsetel organismidel (G).
8.Lähteained	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosüntees kui keemiline reaktsioon	Teab, et süsihappegaas tekib põlemisel, kõdunemisel ja organismide hingamisel(P); koostab ja analüüsib skeeme fotosünteesi lähteainetest (P).
9.Tulemus	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosüntees kui keemiline reaktsioon	Selgitab fotosünteesi tähtsust orgaanilise aine tekkes (P); koostab ja analüüsib skeeme fotosünteesi lõppsaadustest (P).
10.Organismide hingamine	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosüntees ja hingamine	Selgitab hapniku rolli põlemisel, kõdunemisel ja organismide hingamisel ning hapniku tähtsust organismidele (P).
11.Rakuosad	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosüntees ja hingamine	Eristab taimeraku peamisi osi joonistel ja mikrofotodel (P).
12.Fotosünteesi tingimused	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosüntees ja hingamine	Koostab ja analüüsib skeeme fotosünteesi protsessi mõjutavatest tingimustest (P).
13.Taimede hingamine	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosüntees ja hingamine	Seostab taimeorganite talitlust ainete liikumisega taimes (P).
14.Fotosüntees ja hingamine	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosüntees ja hingamine	Analüüsib fotosünteesi eesmäärke, tulemust ja tähtsust (G).
15.Hingamiseks vajalik aine	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosüntees ja hingamine	Selgitab hapniku rolli eluslooduses (P).
16.Hapniku tähtsus	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosünteesi tähtsus looduses	Selgitab hapniku rolli põlemisreaktsioonides ning eluslooduses (P).
17.Taimede tähtsus	Marmaroti, Galanopoulou (2006); fotosünteesi tähtsus looduses	Analüüsib taimede osa looduse kui terviküsteemi jätkusuutlikkuse

		tagamisel ja inimtegevuses ning toob selle kohta näiteid (P).
18.Fotosünteesi tähtsus	Marmaroti, Galanpoulou (2006); fotosünteesi tähtsus looduses	Selgitab fotosünteesi osa taimede, loomade, seente ja bakterite elutegevuses (P); analüüsib fotosünteesi tähtsust (G); väärtustab fotosünteesi tähtsust taimedele, teistele organismidele ning kogu biosfäärile (G).

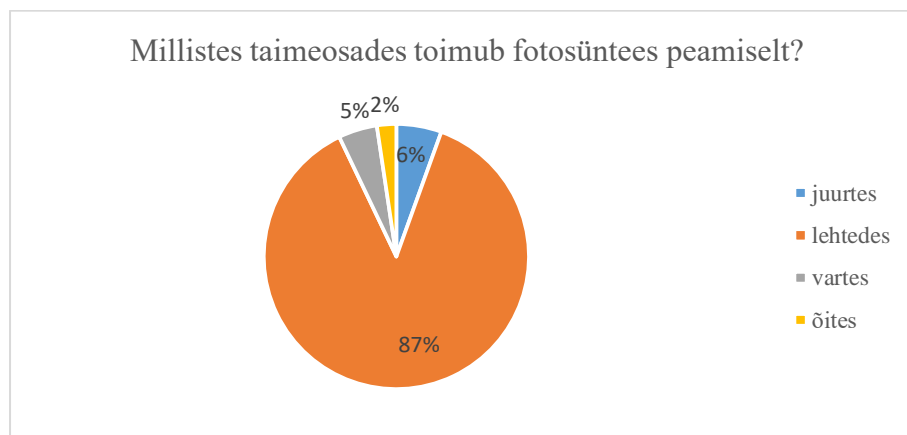
2.4 Andmeanalüüs

Andmete kogumise meetodina kasutati Google Forms abil loodud veebiküsimustikku. Andmeanalüüsi jaoks sisestati testi tulemustest saadud andmed MS Exceli tabelisse ja arvutati vastuste jaotumise protsendid, aritmeetilised keskmised (M) ja standardhälbed (SD). Õpilaste vastustele anti järgmised väärtused: 0-vale vastus 1 – osaliselt õige vastus 2- õige vastus. Lisaks kasutati tulemuste ilmetamiseks % jaotust. Vabavastuseliste küsimuste vastused kategoriseeriti kasutades sisuanalüüsi.

3. Tulemused

3.1 Taimede ehitus ja toitumine

Kõige tavalisem vastus küsimusele “Millistes taimeosades toimub fotosüntees peamiselt?” oli, et lehtedes ($M=1,8$; $SD=0,6$). Uuringu tulemusena selgus, et suurem osa õpilastest (87%) saab aru, et fotosünteesi peamine toimumiskoht on lehtedes (Joonis 2).



Joonis 2. Fotosünteesi peamine toimumiskoht

Tabelist 4 on näha, et vanemates klassides (9. ja 11.klass) saadakse paremini aru, et fotosünteesi peamiseks toimumiskohaks on lehed. Samas ei saa päris valeks lugeda ka vastust varred, sest rohelistes vartes toimub fotosüntees samuti. 6.klassi õpilased pakkusid vastusteks kõiki variante (juured, varred, õied, lehed). Nad on antud teemat kõige vähem õppinud ja seetõttu võib see teema olla nende jaoks veel arusaamatu. Poiste ja tüdrukute arusaamades fotosünteesi peamise toimumiskoha kohta saab välja tuua erinevuse. Tüdrukud on omandanud arusaama, et fotosüntees toimub peamiselt lehtedes, suuremal määral kui poisid (6.klassis 46,6%; tüdrukutest 9.klassis 68,6% tüdrukutest ja 11.klassis 62,2% tüdrukutest).

Tabel 4. Fotosünteesi toimumiskoht

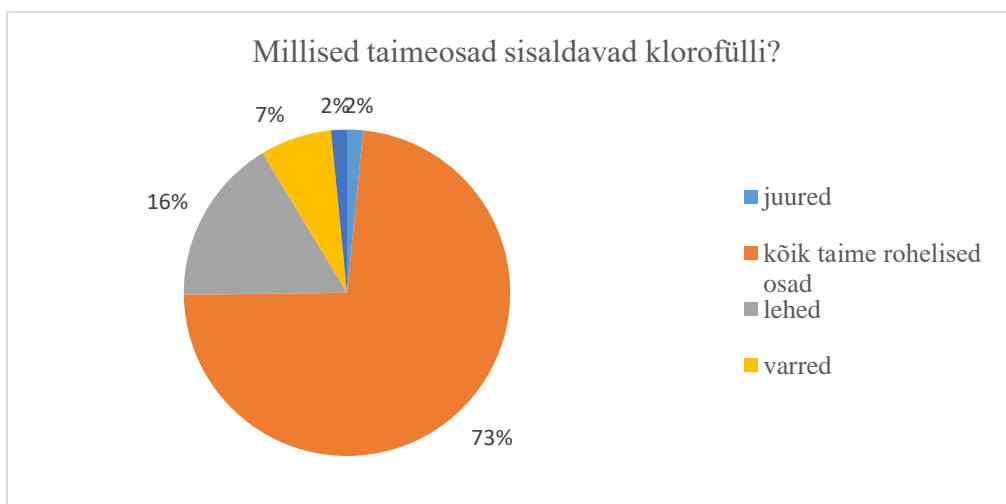
Vastus	Klass								
	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Fotosüntees toimub lehtedes.	45 (77,6%)	18 (31%)	27 (46,6%)	31 (96,9%)	9 (28,1%)	22 (68,6%)	35 (94,6%)	12 (32,4%)	23 (62,2%)
Fotosüntees toimub juurtes.	6 (10,3%)	5 (8,6%)	1 (1,7%)	1 (3,1%)	1 (3,1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Fotosüntees toimub vartes.	4 (6,9%)	1 (1,7%)	3 (5,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (5,4%)	0 (0%)	2 (5,4%)

Fotosüntees toimub õites.	3 (5,2%)	3 (5,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
---------------------------	-------------	-------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

*P-poisid; **T-tüdrukud

Küsimusele, miks taimed on rohelised, vastas 87,5% 9.klassi õpilastest, et roheline värvus tuleneb klorofüllist. Üks 9.klassi õpilane arvas, et taimed omastavad teisi värve valgusest ning meile nad lihtsalt peegeldavad tagasi rohelist värvi, mida nad tegelikult ei omasta. 6.klassi õpilastest seostas taimede rohelist värvi klorofülliga mõistega 72% vastanutest. Kõige paremini teadsid rohelist värvi seost klorofülliga 11.klassi õpilased, 89% 11.klassi õpilastest seostas taimede rohelist värvi klorofülliga olemasoluga. Tulemustest selgus, et 11.klassi õpilased selgitasid taimede rohelist värvi olemasolu täpsemalt. 13,5% 11.klassi õpilastest tõid välja, et klorofüll kasutab kindlatel lainepikkustel olevat valgust ja pigment peegeldab rohelist valgust tagasi.

Kolmandale küsimusele, millised taimeosad sisaldavad klorofüllit, vastas 73% õpilastest, et klorofüllit sisaldavad kõik taime rohelised osad ($M=1,7$; $SD=0,5$). Klorofüllit sisaldavad taime rohelised osad on lehed ja varred (Joonis 3).



Joonis 3. Taimeosade klorofüllit sisaldus

Vastustest selgus, et ainult 6.klassi õpilased pakkusid, et klorofüllit sisaldavad õied (3,4% 6.klassi õpilastest) ja juured (3,4% 6.klassi õpilastest). 9. ja 11.klassi õpilastest neid variante ei pakkunud. Sellest, et klorofüllit sisaldavad kõik taime rohelised osad, said paremini aru tüdrukud (Tabel 5).

Tabel 5. Erinevate taimeosade klorofüllis sisaldus

Vastus	Klass								
	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Klorofüllis sisaldavad kõik taime rohelised osad.	35 (60,3%)	14 (24,1%)	21 (36,2%)	27 (84,3%)	8 (25%)	19 (59,4%)	31 (83,8%)	8 (21,6%)	23 (62,2%)
Klorofüllis sisaldavad varred.	6 (10,3%)	4 (6,9%)	2 (3,4%)	2 (6,3%)	0 (0%)	2 (6,3%)	1 (2,7%)	0 (%)	1 (2,7%)
Klorofüllis sisaldavad lehed.	13 (22,4%)	6 (10,3%)	7 (12,1%)	3 (9,4%)	2 (6,3%)	1 (3,1%)	5 (13,5%)	4 (10,8%)	1 (2,7%)
Klorofüllis sisaldavad õied.	2 (3,4%)	2 (3,4%)	0 (%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Klorofüllis sisaldavad juured.	2 (3,4%)	1 (1,7%)	1 (1,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

*P-poisid; **T-tüdrukud

6.klassi õpilased, kes ei ole fotosünteesi veel nii põhjalikult õppinud pakkusid, et klorofüllis sisaldavad õied ja juured. Õite osad võivad olla rohelised (nt. tupplehed), aga enamasti seal fotosüntees siiski ei toimu. Taimede juured paiknevad mullas ja ei sisalda kloroplaste ja seetõttu ei saa seal fotosüntees toimuda.

Neljanda küsimusega uuriti õpilaste arusaamasid taimede toitumise kohta. 63% vastanutest on omandanud arusaama, et taimed toodavad iseendale vajalikud toitained süsihappegaasist ja veest. (M=1,2; SD=0,8). 9. ja 11. klassi tüdrukud saavad taimede toitumisest paremini aru, kui samade klasside poisid. 6. klassis poiste ja tüdrukute arusaamades taimede toitumise kohta erinevusi ei esinenud (Tabel 6).

Tabel 6. Taimede toitumine

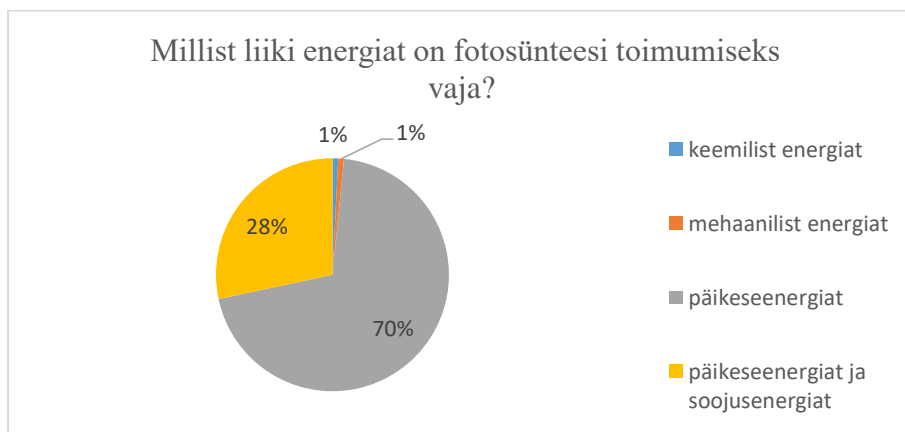
Vastus	Klass								
	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Taimed toodavad iseendale eluks vajalikud toitained süsihappegaasist ja veest.	36 (62,1%)	18 (31,0%)	18 (31,0%)	22 (68,8%)	6 (18,8%)	16 (50%)	22 (59,5%)	10 (27,0%)	12 (32,4%)
Taimed toodavad	5 (8,6%)	2 (3,4%)	3 (5,2%)	1 (3,1%)	1 (3,1%)	0 (%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

iseendale eluks vajalikud toitained süsihappegaasist ja hapnikust.									
Taimed toodavad iseendale eluks vajalikud toitained veest ja hapnikust.	11 (19,0%)	3 (5,2%)	8 (13,8%)	6 (18,8%)	2 (6,3%)	4 (12,5%)	9 (24,3%)	1 (2,7%)	8 (21,6%)
Taimed toodavad endale eluks vajalikke aineid orgaanilisi aineid lagundades.	6 (10,3%)	4 (6,9%)	2 (3,4%)	3 (9,4%)	1 (3,1%)	2 (6,2%)	6 (16,2%)	1 (2,7%)	5 (13,5%)

*P-poisid; **T-tüdrukud

3.2 Fotosüntees ja energia

Fotosünteesi ja energia kohta oli küsimustikus kaks küsimust, mis uurisid õpilaste arusaamasid fotosünteesiks vajaliku energialiigi kohta ning energia muundumist fotosünteesi käigus. Joonisel 4 on näha, et 70% õpilastest saab aru, et fotosünteesi toimumiseks on vaja päikeseenergiat. 28% õpilastest vastas, et fotosünteesi toimumiseks on vaja lisaks päikeseenergiale soojusenergiat ($M=1,7$; $SD=0,5$).



Joonis 4. Energialiik, mida on vaja fotosünteesi toimumiseks

Arusaamad, millist energialiiki on vaja fotosünteesi toimumiseks, on paremad vanemate klasside (9. ja 11.klass) õpilastel. See tuleneb sellest, et vanemates klassides õpitakse lisaks loodusõpetusele keemiat ja füüsikat, kus käsitletakse täpsemalt energia mõistet ja liike. Vanemate klasside õpilaste vastuste hulgas ei olnud kordagi pakutud, et fotosünteesi toimumiseks on vaja mehaanilist või keemilist energiat. Kõige suurem erinevus poiste ja

tüdrukute vahel oli 9.klassis, kus 18,8% poistest saab aru, et fotosünteesi toimumiseks on vaja vaid päikeseenergiat, tüdrukutest on see arusaam 46,9% 9.klassi õpilastest (Tabel 7).

Tabel 7. Fotosüntees ja energia

Vastus	Klass								
	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Fotosünteesi toimumiseks on vaja päikeseenergiat.	39 (67,2%)	18 (31,0%)	21 (36,2%)	21 (65,6%)	6 (18,8%)	15 (46,9%)	29 (78,4%)	11 (29,8%)	18 (48,6%)
Fotosünteesi toimumiseks on vaja päikeseenergiat ja soojuseenergiat.	17 (29,3%)	7 (12,1%)	10 (17,2%)	11 (34,4%)	4 (12,5%)	7 (21,9%)	8 (21,6%)	1 (2,7%)	7 (18,9%)
Fotosünteesi toimumiseks on vaja keemilist energiat.	1 (1,7%)	1 (1,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Fotosünteesi toimumiseks on vaja mehaanilist energiat.	1 (1,7%)	1 (1,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

*P-poisid; **T-tüdrukud

Fotosüntees on protsess, mille käigus muudetakse valgusenergia keemiliseks energiaks. 51% küsitlusele vastanud õpilastest saab aru, et fotosünteesi käigus muudetakse valgusenergia keemiliseks energiaks (M=1,2; SD=0,9). 21 % vastanutest arvab (Tabel 8), et fotosünteesi käigus energia vabaneb (9. ja 11.klassi õpilastest 32 % ja 6.klassi õpilastest 8%).

Tabel 8. Energia muundumine fotosünteesi käigus.

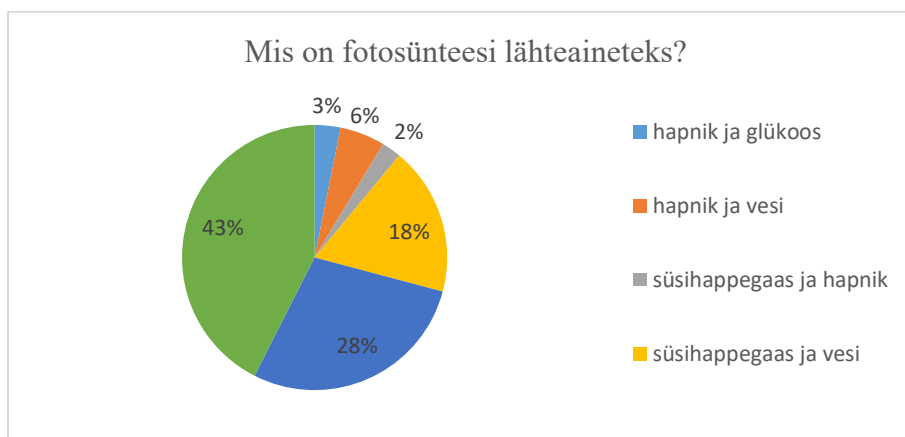
Vastus	Klass								
	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Fotosünteesi käigus muudetakse valgusenergia keemiliseks energiaks.	29 (50%)	12 (20,7%)	17 (29,3%)	17 (53,1%)	7 (21,9%)	10 (31,3%)	19 (51,4%)	9 (24,3%)	10 (27,0%)
Fotosünteesi protsessiks on vaja energiat.	10 (17,2%)	4 (6,9%)	6 (10,3%)	3 (9,4%)	0 (0%)	3 (9,4%)	6 (16,2%)	0 (0%)	6 (16,2%)
Fotosünteesi käigus energia vabaneb.	5 (8,6%)	3 (5,2%)	2 (3,4%)	10 (31,3%)	3 (9,4%)	7 (21,9%)	12 (32,4%)	3 (8,1%)	9 (24,3%)

Fotosünteesi käigus seotakse energiat.	3 (5,2%)	0 (0%)	3 (5,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Fotosünteesil ei ole energiaga mingit seost.	7 (12,1%)	6 (10,3%)	1 (1,7%)	1 (3,1%)	0 (0%)	1 (3,1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Fotosünteesi käigus muudetakse keemiline energia valgusenergiaks.	4 (6,9%)	2 (3,4%)	2 (3,4%)	1 (3,1%)	0 (0%)	1 (3,1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

*P-poisid; **T-tüdrukud

3.3 Fotosüntees kui keemiline reaktsioon

Sellest, et fotosünteesi toimumiseks on vaja vett ja süsihappegaasi saab aru 18 % õpilastest ($M=1,1$; $SD=0,5$). 43% küsitlusele vastanud õpilastest valis õigeks vastusevariandiks selle, kus oli pakutud lisaks veele ja süsihappegaasile ka valgust. Valgus iseenesest on fotosünteesi toimumiseks vajalik, aga ei ole aine. 28% õpilastest pakkus süsihappegaasile ja veele fotosünteesi lähteaineteks ka mineraalaineid. Taimed vajavad eluks mineraalained, aga need ei ole otseselt fotosünteesi lähteaineteks (Joonis 5).



Joonis 5. Fotosünteesi lähteained

Ülevaade 6., 9. ja 11.klassi poiste ja tüdrukute arusaamadest, mis puudutavad fotosünteesi lähteaineid on esitatud tabelis 9. Küsitlusest selgus, et 11.klassi ja 9.klassi tüdrukud saavad kõige paremini aru, mis on fotosünteesi lähteained. 6.klassi tüdrukutel seda arusaama välja kujunenud ei ole.

Tabel 9. Fotosünteesi lähteained

Vastus	Klass								
	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Fotosünteesi lähteaineteks on süsihappegaas ja vesi.	6 (10,3%)	6 (10,3%)	0 (0%)	6 (16,7%)	1 (3,1%)	5 (15,7%)	11 (29,7%)	1 (2,7%)	10 (27,0%)
Fotosünteesi lähteaineteks on süsihappegaas, vesi ja valgus.	25 (43,1%)	12 (20,7%)	13 (22,4%)	12 (37,5%)	6 (18,8%)	6 (18,8%)	17 (45,9%)	7 (18,9%)	10 (27,0%)
Fotosünteesi lähteaineteks on süsihappegaas, mineraalained ja vesi.	21 (36,2%)	7 (12,1%)	14 (24,1%)	9 (28,1%)	1 (3,1%)	8 (25%)	6 (16,2%)	4 (10,8%)	2 (5,4%)
Fotosünteesi lähteaineteks on süsihappegaas ja hapnik.	3 (5,2%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Fotosünteesi lähteaineteks on hapnik ja glükoos.	2 (3,4%)	0 (0%)	2 (3,4%)	2 (6,3%)	1 (3,1%)	1 (3,1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Fotosünteesi lähteaineteks on hapnik ja vesi.	1 (1,7%)	0 (0%)	1 (1,7%)	3 (9,4%)	1 (3,1%)	2 (6,3%)	3 (8,1%)	0 (0%)	3 (8,1%)

*P-poisid; **T-tüdrukud

Uuringus osalenud õpilased saavad aru, mis ained tekivad fotosünteesi protsessi tulemusena, oluliselt paremini kui fotosünteesiks vajalikke aineid. Fotosünteesi saadusteks ei pakkunud üksi õpilane, et tekiks süsihappegaas ja vesi. 6., 9. ja 11.klassi tüdrukud (Tabel 10) saavad paremini aru, mis ained tekivad fotosünteesil kui samade klasside poisid. Kõige paremad arusaamad fotosünteesi produktidest on antud uuringu raames 9.klassi õpilastel (93,8%).

Tabel 10. Fotosünteesi saadused

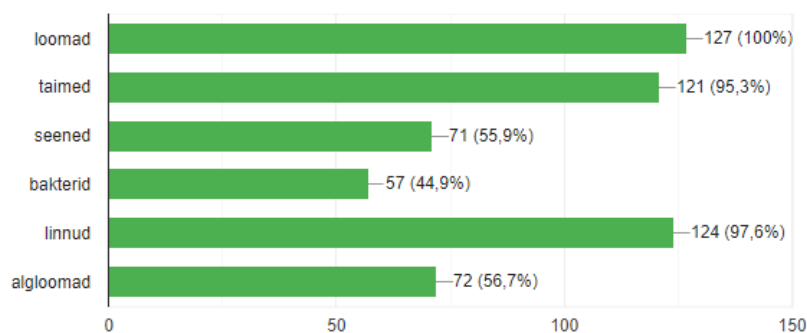
Vastus	Klass								
	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Fotosünteesi käigus tekivad glükoos ja hapnik.	40 (69,0%)	18 (31,0%)	22 (37,9%)	30 (93,8%)	10 (31,3%)	20 (62,5%)	34 (91,2%)	12 (32,4%)	22 (59,5%)

Fotosünteesi käigus tekivad hapnik ja vesi.	7 (12,1%)	5 (8,6%)	2 (3,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Fotosünteesi käigus tekivad süsihappegaas ja glükoos.	11 (19,0%)	4 (6,9%)	7 (12,1%)	2 (6,3%)	0 (%)	2 (6,3%)	3 (8,1%)	0 (0%)	3 (8,1%)
Fotosünteesi käigus tekivad süsihappegaas ja vesi.	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

*P-poised; **T-tüdrukud

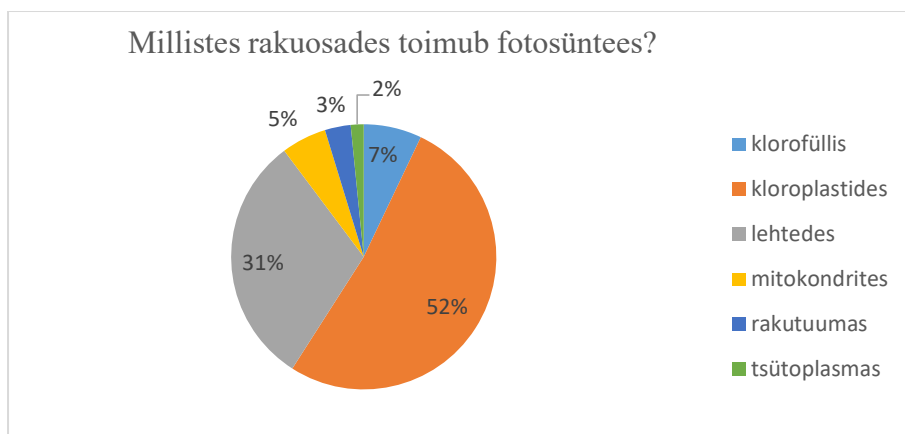
3.4 Fotosüntees ja hingamine

Küsitluse kümnendas küsimuses taheti õpilastelt teada, millised organismid hingavad (Joonis 6). Arusaam, et loomad hingavad, on välja kujunenud kõigil uuringus osalenud õpilastel (100%). Sellest, et taimed hingavad saab aru 95,3% vastanud õpilastest. Bakterite ja seente hingamisest saab aru väiksem protsent õpilasi, vastavalt 55,9% ja 44,9%. Algloomi ja nende ehitust ja talitlust õpitakse põhjalikumalt 8.klassi bioloogias, kuid vaatamata sellele teadsid 6.klassi õpilased, et algloomad hingavad. Selle vastuse tõi välja 44,8 % 6.klassi õpilastest. Tüdrukud ja poiste vahel erinevusi ei esinenud.



Joonis 6. Elusorganismide hingamine

Üheteistkümnnes küsimus uuris õpilaste arusaamasid fotosünteesi täpse toimumiskoha kohta (Joonis 7). Üle poolte vastanutest (52%) teadsid, et fotosüntees toimub kloroplastides. 31% vastas, et lehtedes (M=1,1; SD=0,9).



Joonis 7. Fotosünteesi toimumiskoht

53,4% 6.klassi õpilastest vastas, et rakuosa, kus fotosüntees toimub, on leht (Tabel 11). Leht on taimeorgan mitte rakuosad. 9. ja 11.klassi tüdrukud saavad fotosünteesi täpsest toimumiskohast paremini aru kui samade klasside poisid.

Tabel 11. Fotosünteesi toimumiskoht (rakuosa)

Vastus	Klass								
	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Fotosüntees toimub kloroplastides.	16 (27,6%)	9 (15,5%)	7 (12,1%)	24 (75%)	8 (25%)	16 (50%)	26 (70,3%)	10 (27,0%)	16 (43,2%)
Fotosüntees toimub klorofüllis.	3 (5,2%)	3 (5,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (16,2%)	1 (2,7%)	5 (13,5%)
Fotosüntees toimub lehtedes.	31 (53,4%)	9 (15,5%)	22 (37,9%)	7 (21,9%)	2 (6,3%)	5 (15,6%)	1 (2,7%)	0 (0%)	1 (2,7%)
Fotosüntees toimub mitokondrites.	3 (5,2%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	1 (3,1%)	0 (0%)	1 (3,1%)	3 (8,1%)	1 (2,7%)	2 (5,4%)
Fotosüntees toimub rakutuumas.	3 (5,2%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (2,7%)	0 (0%)	1 (2,7%)
Fotosüntees toimub tsütoplasmas.	2 (3,4%)	2 (3,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

*P- poisid; **T-tüdrukud

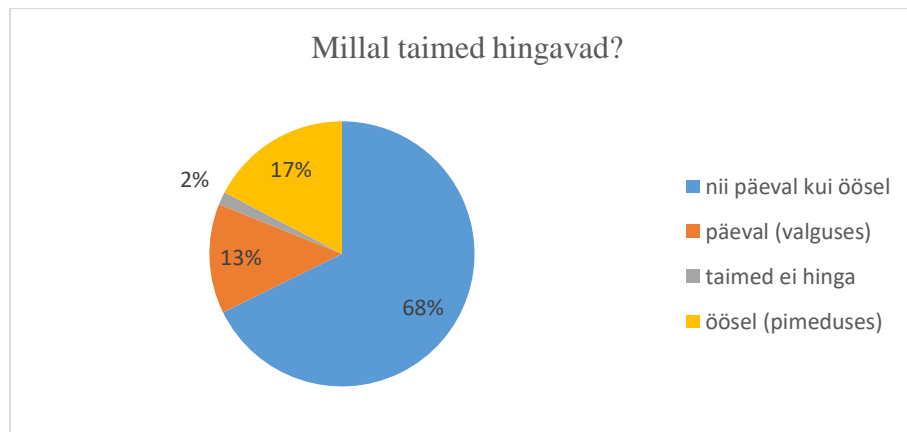
Fotosüntees on protsess, mis saab toimuda ainult valguse käes. 87 % kõigist vastanutest on omandanud arusaama, et fotosüntees toimub ainult valguse käes ($M=1,7$; $SD=0,7$). 9.klassi õpilastest saab valguse tähtsusest fotosünteesi protsessis aru 100%. 11.klassi õpilastest vastas 32,4%, et fotosüntees saab toimuda nii valguses kui pimeduses. 11.klassi õpilased võisid siin mõelda fotosünteesi valgus- ja pimedusstaadiumit, mida õpitaksegi alles gümnaasiumiastmes. Tüdrukute hulgas on arusaam, et fotosüntees saab toimuda ainult valguse käes, levinum kui poiste hulgas (Tabel 12).

Tabel 12. Fotosünteesi toimumise sõltuvus valgusest

Vastus	Klass								
	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Fotosüntees saab toimuda ainult valguse käes.	53 (91,4%)	24 (41,4%)	29 (50%)	32 (100%)	10 (31,2%)	22 (68,8%)	25 (67,6%)	8 (21,6%)	17 (45,9%)
Fotosüntees saab toimuda nii valguses kui pimeduses.	4 (6,9%)	2 (3,4%)	2 (3,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	12 (32,4%)	4 (10,8%)	8 (21,6%)
Fotosüntees saab toimuda pimeduses.	1 (1,7%)	1 (1,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

*P-poised; **T-tüdrukud

Hingamine on lakkamatu protsess ja samamoodi nagu loomadki hingavad taimed pidevalt, nii päeval kui öösel. 68 % küsitlusele vastanud õpilastest on omandanud selle arusaama ($M=1,7$; $SD=0,5$). 13% õpilastest arvab, et taimed hingavad päeval ja 17% arvan, et taimed hingavad öösel (Joonis 8).

**Joonis 8.** Taimede hingamine

Tüdrukutel on taimede hingamisest paremad arusaamad kui poistel. 6.klassi tüdrukutest 34,5%, 9.klassi tüdrukutest 50% ja 11.klassi tüdrukutest 48,6% vastas, et taimed hingavad nii päeval kui öösel (Tabel 13). Seda, et taimed ei hinga vastas 3,4% 6.klassi õpilastest. 9. ja 11.klassi kõigil õpilastel on kujunenud arusaam, et taimed hingavad.

Tabel 13. Taimede hingamine

Vastus	Klass
--------	-------

	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Taimed hingavad nii päeval kui öösel.	38 (65,5%)	18 (31,0%)	20 (34,5%)	21 (65,6%)	5 (15,6%)	16 (50%)	27 (73%)	9 (24,3%)	18 (48,6%)
Taimed hingavad päeval (valguses).	11 (19,0%)	5 (8,6%)	6 (10,3%)	3 (9,4%)	0 (0%)	3 (9,4%)	3 (8,1%)	2 (5,4%)	1 (2,7%)
Taimed hingavad öösel (pimeduses).	7 (12,1%)	3 (5,2%)	4 (1,7%)	8 (25%)	5 (15,6%)	3 (9,4%)	7 (18,9%)	1 (2,7%)	6 (16,2%)
Taimed ei hinga.	2 (3,4%)	1 (1,7%)	1 (1,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

*P-positiivsed; **T-tüdrukud

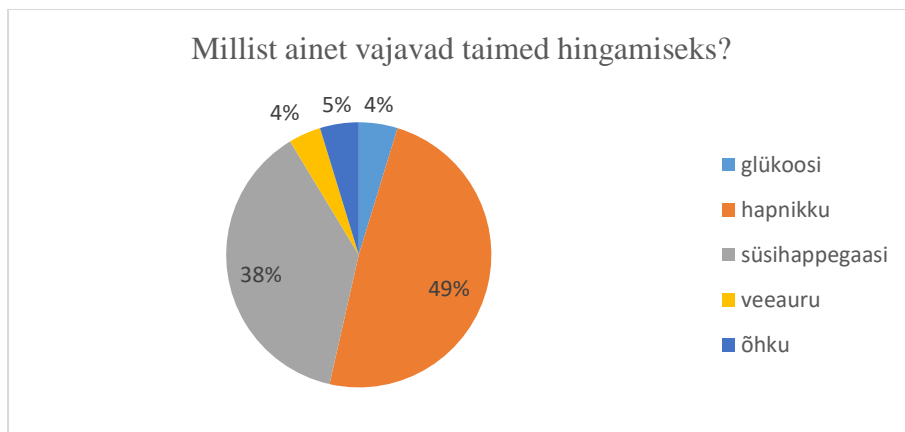
Küsimusele, kas fotosüntees ja hingamine saavad taimes toimuda samaaegselt vastas jaatavalt 79% õpilastest ($M=1,6; SD=0,8$). Kõige paremini on selle arusaama omandanud 6.klassi õpilased ja tüdrukud. 6., 9. ja 11.klassist (Tabel 14).

Tabel 14. Fotosüntees ja hingamine taimes

Vastus	Klass								
	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Fotosüntees ja hingamine saavad taimes toimuda samal ajal.	48 (82,8%)	22 (37,9%)	26 (44,8%)	23 (71,9%)	5 (15,6%)	18 (56,2%)	29 (78,4%)	8 (21,6%)	21 (56,6%)
Fotosüntees ja hingamine ei saa taimes samaaegselt toimuda.	10 (17,2%)	5 (8,6%)	5 (8,6%)	9 (28,1%)	5 (15,6%)	4 (12,5%)	8 (21,6%)	4 (10,8%)	4 (10,8%)

*P-positiivsed; **T-tüdrukud

Viimane küsimus fotosünteesi ja hingamise kohta oli, et millist ainet vajavad taimed hingamiseks (Joonis 9). 49% vastanutest saab aru, et taimed hingavad hapnikku, 39% pakkus süsihappegaasi ($M=1,0; SD=0,9$).



Joonis 9. Aine, mida taimed vajavad hingamiseks

Vanemate klasside õpilased saavad paremini aru, et hingamiseks vajalik aine on hapnik (9.klassis 56,3% vastanutest; 11.klassis 51,4% vastanutest). 6.klassis pakuti hapnikku (43,1% vastanutest) ja süsihappegaasi (41,4% vastanutest). 11.klassis pakkus 40,5% õpilastest, et taimed hingavad süsihappegaasi (Tabel 15).

Tabel 15. Aine, mida taimed vajavad hingamiseks

Vastus	Klass								
	6.kl (vastuste arv; %)			9.kl (vastuste arv; %)			11.kl (vastuste arv; %)		
	Kokku	P*	T**	Kokku	P	T	Kokku	P	T
Taimed hingavad hapnikku	25 (43,1%)	10 (17,2%)	15 (25,9%)	18 (56,3%)	6 (18,8%)	12 (37,5%)	19 (51,4%)	4 (10,8%)	15 (40,5%)
Taimed hingavad süsihappegaasi.	24 (41,4%)	13 (22,4%)	11 (19,0%)	9 (28,1%)	3 (9,4%)	6 (18,8%)	15 (40,5%)	8 (21,6%)	7 (18,9%)
Taimed hingavad glükoosi	3 (5,2%)	3 (5,2%)	0 (0%)	2 (6,3%)	0 (0%)	2 (6,3%)	1 (2,7%)	0 (0%)	1 (2,7%)
Taimed hingavad veeauru.	2 (3,4%)	1 (1,7%)	1 (1,7%)	1 (3,1%)	0 (0%)	1 (3,1%)	2 (5,4%)	0 (0%)	2 (5,4%)
Taimed hingavad öhku	4 (6,9%)	0 (0%)	4 (6,9%)	2 (6,3%)	1 (3,1%)	1 (3,1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

*P-poisid; **T-tüdrukud

3.5 Fotosünteesi tähtsus looduses

Viimases küsimuste plokis olid vabavastustega küsimused. Õpilased vastasid küsimusele “Miks hapnik kunagi otsa ei saa?” enamasti (85 õpilast), et taimed toodavad hapnikku pidevalt

juurde. Nii mõnigi õpilane oli selgitanud ka pikemalt, näiteks: „Taimed fotosünteesivad süsihappegaasist ja veest endale glükoosi, selle kõrvalsaadusena eraldub ka hapnikku, mida organismid saavad kasutada.“

Põhjenduseks, miks loomad ei saa elada ilma taimedeta töid õpilased välja järgnevat:

- „Loomad vajavad hapnikku, mis eraldub kõrvalsaadusena fotosünteesi protsessist.“ (72 õpilast)
- „Samuti algab ka toiduahel taimedest, taimi on vaja loomadele toiduks.“ (89 õpilast)
- „Herbivoorid söövad taimi ja rohtu. Karnivoorid söövad taimi kui nad on haiged.“ (1 õpilane)
- „Kui taimi poleks, ei saaks loomad süüa ja kui loomad ei saa süüa, siis oleks nälg ja kui oleks nälg, siis me kõik sureks ja kui me kõik sureks, siis polekski midagi.“ (1 õpilane)

Viimaseks pidid õpilased välja tooma 3 põhjust, miks on fotosüntees looduses tähtis. 14,9% õpilastest ei teadnud sellele küsimusele vastust. 6.klassist jättis sellele küsimusele vastamata 20,6% õpilastest, 9.klassist 15,6% õpilastest ja 11.klassist 5,4% õpilastest. Enamlevinud vastused fotosünteesi tähtsuse kohta olid :

- „Fotosünteesi käigus moodustub hapnik.“ (67 õpilast)
- „Fotosünteesi käigus moodustuvad orgaanilised ained, nt glükoos.“ (43 õpilast)
- „Fotosünteesi käigus seotakse süsihappegaasi.“ (25 õpilast)

Mõningad näited õpilaste vastustest muutmata kujul: „Fotosünteesi protsessi käigus seotakse süsinikku, mida eraldub õhku ning mis on suurtes kogustes kahjulik keskkonnale. Fotosünteesi käigus eraldub glükoosi kõrvalsaadusena hapnikku, mida kasutavad kõik organismid. Fotosünteesi käigus sünteesitakse glükoosi, mida taim kasutab ise ning hiljem, kui mõni loom taime toiduks kasutab, liigub glükoosist saadud energia edasi.“ (9.klassi õpilane). „Peeaeegu kogu atmosfääris esinev hapnik ongi moodustunud fotosünteesil. Glükoos on põhiliseks energiaallikaks enamikus organismides. Ükski looduses esinev toitumisahel ei ole mõeldav fotosünteesita.“ (6.klassi õpilane). „Fotosünteesil vabaneb hapnik, mida inimesed ja loomad tarbivad. Võetakse õhust loomade ja inimeste poolt sinna paisatud süsihappegaas, mida neil vaja ei lähe. Taimed toodavad endale ise vajalikke aineid, mitte ei tarbi juba olemasolevat ja nii jääb teistele organismidele toitu rohkem.“ (11.klassi õpilane).

4. Arutelu ja järeldused

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida erinevate klasside õpilaste arusaamasid fotosünteesi protsessist. Uuringust selgus, et õpilased saavad aru, et fotosüntees toimub peamiselt lehtedes. 9. ja 11.klassi õpilastel oli see teadmine selgem kui 6.klassi õpilastel. See võis tuleneda sellest, et paljudes õppematerjalides kasutatakse fotosünteesi teema juures joonisel lehe kujutist. 5.klassi loodusõpetuse õpikus on kirjutatud: „Taimed valmistavad ise oma rohelistes lehtedes toitaineid.“ (Jankovski ja Kuresoo, 2016). Klorofüllil mõiste on 6.klassi õpilastele veel veidi võõras. Kui 9. ja 11.klassi õpilased teadsid hästi, millised taimeosad sisaldavad klorofüllil (84% õpilastest), siis 6.klassi õpilastest teadis seda vaid 60%. Marmaroti ja Galanopoulou (2006) leidsid, et õpilastel on lihtsam nimetada fotosünteesi saadusi kui lähteaineid. Antud uuringust selgus samuti, et õpilased teavad fotosünteesi saadusi paremini. 81,9% vastanutest teadis, et fotosünteesi tulemusena tekib glükoos ja hapnik. Lähteainete äratundmisel arvasid õpilased, et valgus on ka aine. Vaid 18,1% vastanutest vastas fotosünteesi lähteainete küsimusele õigesti. Dimeki ja Strgari (2017) uuringust tuli välja, et 35,1% õpilastest teadsid, et fotosünteesi käigus muundub valgusenergia keemiliseks energiaks, antud uuringus osalenutest teadsid seda 51,2% vastanutest. 7.klassi loodusõpetuse tundides on pandud rõhku fotosünteesile lähtuvalt keemia õppeainest ja kindlasti aitab see paremini mõista fotosünteesi kui keemilise reaktsiooni olemust. Antud uurimus tõestas, et kõige paremini teadsid, et fotosünteesi käigus muundatakse valgusenergia keemiliseks energiaks 9.klassi õpilased (53%), 11.klassi õpilastest vastas õigesti 51% ja 6.klassi õpilastest 50%. 9.klassi õpilased olid antud teemat väga põhjalikult õppinud nii 7.klassis (loodusõpetuse tundides) kui ka 8.klassis (bioloogias).

Arusaama, et fotosüntees toimub kloroplastides, ei ole 6.klassi õpilased veel hästi omandanud. Vaid 27,6% 6.klassi õpilastest teadis, et fotosünteesi toimumiskoht on kloroplastides. 9. ja 11. klassi õpilastel oli fotosünteesi toimumiskohast parem arusaam. 75% 9.klassi õpilastest ja 70,3% 11.klassi õpilastest teadis, et fotosüntees toimub kloroplastides. 8.klassi bioloogia õpikus (Toom, Tedersoo ja Relve, 2018) on kirjutatud, et fotosüntees toimub ainult kloroplaste sisaldavates taimeosades, gümnasiumi õpikus (Tenhunen jt, 2012) on samuti kirjutatud, et fotosünteesivaid rakuorganelle nimetatakse kloroplastideks. Samas 5.klassi loodusõpetuse õpikus ei ole kloroplastide mõistet mainitud, kirjutatud on vaid, et taimed püüavad rohelistes lehtedega päikesevalgust ja taimedel aitab valgust kinni püüda roheline värvusega aine, mida kutsutakse klorofülliks (Jankovski ja Kuresoo, 2016). Küsimusele, “Millal saab fotosüntees toimuda?” teadsid õiget vastust 100% 9.klassi õpilastest ja 91 % 6.klassi õpilastest. 11.klassi

õpilastest 32% oli siin pakkunud varianti, et nii valguses kui ka pimeduses. See võis tuleneda sellest, et nad ajasid segamini valgus- ja pimedusstaadiumi valguse ja pimedusega. 6.klassi õpilastest pakkus varianti, et fotosüntees saab toimuda nii valguses kui pimeduses 6,9% õpilastest. 6. ja 9.klassi õpilased ei ole veel fotosünteesi valgus- ja pimedusstaadiumit õppinud, seetõttu ei saanud ajanud nad neid mõisteid segamini. Ka Radanović, jt (2016) jõudsid oma uurimuse tulemusena järeldusele, et vanematel õpilastel on tekkinud väärarusaam, et fotosünteesi teise etapi, pimedusstaadiumi, reaktsioonid toimuvad öösel. Pimedusstaadiumis ei vajata küll enam valgusenergiat, see ei tähenda aga seda et need reaktsioonid peaksid pimedas toimuma. Õpilased arvasid, et Calvini tsükli toodetakse hapnikku ja ajasid segamini raku hingamise ja Calvini tsükli toimuvad reaktsioonid.

Taimed on organismid, kes hingavad. Taimed hingavad nii päeval kui öösel ja vajavad hingamiseks hapnikku. Käesolevas uurimuses osalenud õpilased ajasid hingamist ja fotosünteesi segamini. Sellest, et taimed hingavad, õpilased enamasti said aru. Vaid 3,4% 6.klassi õpilast vastasid, et taimed ei hinga. Aine, mida taimed hingamiseks vajavad, on hapnik, teadis vaid 49% vastanutest. 37,8% õpilastest arvas, et taimed vajavad hingamiseks süsihappegaasi. Amir ja Tamir (1994) uurisid fotosünteesiga seoses tekkinud arusaamasid ja väärarusaamasid 11. ja 12. klassi õpilastel, kes olid spetsialiseerunud bioloogiale. Uuringust selgus, et õpilased teavad väga hästi fotosünteesi lähteaineid ja saadusi ja gaasivahetust, aga see on tekitanud neis väärarusaama, et fotosüntees on taimede hingamine.

Järgnevalt on toodud peamised järeldused antud tööst:

Millised on 6., 9. ja 11.klasside õpilaste arusaamad fotosünteesi protsessist?

Antud valimi õpilased saavad aru, et fotosünteesi toimumiseks on vaja päikesevalgust ja seda, et fotosünteesi tulemusena tekib glükoos ja hapnik. Enamasti vanuse kasvades teadmised fotosünteesi kohta paranevad. 6.klassi õpilaste arusaam selle kohta, et fotosüntees toimub kloroplastides, on vähenenud seetõttu, et nad ei ole taimeraku ehitust veel põhjalikult õppinud. Samuti arvab päris suur hulk 6.klassi õpilastest, et taimed hingavad süsihappegaasi. 9. ja 11.klassi teadmised fotosünteesist on rohkem sarnased. Ainuke suurem erinevus seisnes arusaamas, millal fotosüntees toimub. 11.klassi õpilastest arvas 32%, et see protsess leiab aset nii valguses kui pimeduses.

Millised on poiste ja tüdrukute erinevused fotosünteesi protsessist arusaamisel?

Tüdrukutel on välja kujunenud paremad arusaamad fotosünteesist kui poistel. Erinevus seisnes ainult 6.klassi poiste ja tüdrukute vahel, kahe küsimuse puhul, kus poiste arusaamad olid tüdrukute omadest paremad. 6.klassi poisid said tüdrukutest paremini aru, millised on fotosünteesi lähteained ja said paremini aru sellest, et fotosüntees toimub kloroplastides.

Millised väärarusaamad on õpilastel välja kujunenud seoses fotosünteesi protsessiga?

Antud uuringust tulid välja järgmised väärarusaamad:

1. Fotosünteesi lähteaineteks on süsihappegaas, vesi ja valgus.
2. Taimed vajavad hingamiseks süsihappegaasi.

Kokkuvõtteks võib öelda, et enamasti olid 9. ja 11.klassi õpilastel paremad arusaamad fotosünteesi protsessist kui 6.klassil, sest nad on seda teemat kauem õppinud. Arusaamad fotosünteesist olid paremad tüdrukutel.

Töö tulemusena võib soovitada, et õpetajad pööraksid rohkem tähelepanu poiste õpetamisele, fotosünteesi lähteainetele ja taimede hingamisele. Korrektsed teadmised fotosünteesi protsessist on aluseks korrektse arusaama kujunemiseks fotosünteesist. Fotosünteesist arusaamiseks peab õpilane mõistma raku tasandil toimuvaid protsesse, unustamata seejuures organismi kui terviku ehitust ja talitlust. Seega tuleks õpetajal tähelepanu pöörata protsessi (energia, fotosüntees) tähtsusele ja selle kulgemisele ning seoste rõhutamisele.

Kokkuvõte

Käesolev magistritöö käsitleb 6., 9. ja 11.klassi õpilaste arusaamasid fotosünteesist. Töö eesmärkideks oli uurida, millised on 6., 9. ja 11.klassi õpilaste arusaamad fotosünteesi protsessist. Eesmärkide täitmiseks püstitati järgmised uurimisküsimused:

- Millised on 6., 9. ja 11.klasside õpilaste arusaamad fotosünteesi protsessist?
- Millised on poiste ja tüdrukute erinevused fotosünteesi protsessist arusaamisel?
- Millised väärarusaamad on õpilastel välja kujunenud seoses fotosünteesi protsessiga?

Andmeid koguti kasutades Google Forms veebikeskkonda. Uuringu jaoks koostati 18 küsimusest koosnev küsimustik, mis tugines Marmaroti ja Galanpoulou (2016) uurimusele. Uuringus osales kokku 127 õpilast kolmest koolist. Uuringus osalemine oli vabatahtlik ja küsitluse läbiviimisest teavitati nii õpilasi, lapsevanemaid kui ka koolide juhtkondi.

Uuringu tulemusena selgus, et vanemate klasside õpilastel (9. ja 11.klass) on arusaamad fotosünteesist paremad kui 6.klassi õpilastel. Tüdrukute arusaamad fotosünteesi protsessist on selgemad kui poistel. Töö tulemused näitasid, et sarnaselt varasemate uuringutega on õpilastel väljakujunenud mõningaid väärarusaamu fotosünteesi protsessist. Uuringu tulemusena selgus, et õpilased ei saa aru, millised on fotosünteesi lähteained ja millist gaasi vajavad taimed hingamiseks.

Kokkuvõtteks võib väita, et uurimustöös püstitatud eesmärgid said täidetud ja uuringu küsimused vastatud.

Käesoleva magistritöö tulemused on kehtivad vaid antud valimi piires.

Kasutatud kirjandus

Amir, R., ja Tamir, P. (1994). In –depth Analysis of Misconceptions as a Basis for Developing Research-Based Remedial Instruction: The Case of Photosynthesis. *The American Biology Teacher*, 56(2), 94–100.

Adamberg, T., Ivan, T., Sepp, T. (2016). *Loodusõpetuse õpik 7.klassile*. Tallinn. Avita

Cañal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, 21(4), 363–371.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2013). Research methods in education. Routledge.
<https://www.taylorfrancis.com/books/e/9780203720967> (26.06.2021)

Eisen, Y., ja Stavy, R. (1988). Student's Understanding of Photosynthesis. *The American Biology Teacher*, (1988) 50(4), 208 - 212

Eisen, Y., ja Stavy, R. (1993). How to make the learning of photosynthesis more relevant. *International Journal of Science Education*, 15, 117 – 125

Elvisto, T., Hallik, M., Kriiska, A., Pumbo, K., Mazur. (2013). *Loodus- ja inimeseõpetuse õpik 3.klassile*. Tallinn. Avita.

Gümnaasiumi riiklik õppekava (GRÕK). (2011). Riigi Teataja I, 14.01.2011, 2.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014021> (10.06.2021)

Holbrook, J., ja Rannikmäe, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 275-288.

Ivan, T. (2015). *Keemia õpik 8.klassile*. Tallinn. Avita

Jankovski, K., ja Kuresoo, R. (2016). *Loodusõpetuse õpik 5.klassile*. Tallinn. Avita.

Kaljula, S., Relve, H., Sirel, K. (2013). *Loodusõpetus 6.klassile*. Tallinn. Koolibri.

Keleş, E., ja Kefeli, P. (2010). Determination of student misconceptions in “photosynthesis and respiration” unit and correcting them with the help of cai material. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3111–3118.

Krull, E (2018). *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. Tartu. Tartu Ülikooli Kirjastus.

Marmaroti, P., ja Galanopoulou, D. (2006). Pupils' Understanding of Photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Education*, 28(4), 383–403.

Meos, I. (2010). Filosoofia põhiprobleemid, http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/16331/Meos_I_Filos_pohiprobleemid.pdf (08.08.2021)

National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press.

Näs, H. (2011). Teaching Photosynthesis in a Compulsory School Context. Students' Reasoning, Understanding and Interactions. *Nordic Studies in Science Education*, 7(1), 4-81.

OECD. (2006). Loodusteadusliku kirjaoskuse raamdokument. https://harno.ee/sites/default/files/documents/2021-02/PISA_2006_loodusteadusliku_kirjaoskuse_raamdokument.pdf (29.07.2021)

Pedaste, M., ja Sarapuu, T. (2010). Õpitulemuste hindamine bioloogias. L. Koppel (Toim.). Põhikooli valdkonnaraamat loodusained (73-82). Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus.

Perkins, D. (1993). Teaching for Understanding. *American Educator: The Professional Journal of the American Federation of Teachers*, 17(3), 28-35.

Põhikooli riiklik õppekava (PRÕK). (2011). Riigi Teataja I, 14.01.2011, <https://www.riigiteataja.ee/akt/103032021012> (10.06.2021)

Põhikooli riiklik õppekava (PRÕK), Lisa 4. (2014). Ainevaldkond loodusained. <https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/1140/7202/0024/1m%20lisa4.pdf#> (10.06.2021)

Pärtel, E., Loide, R-K., Tempel, E., Traks, K. (2017). *Loodusõpetus 7.klassile*. Tallinn. Koolibri.

Radanović, I., Garašić, D., Lukša, Ž., Ristić Dedić, Z., Jokić, B. & Sertić Perić, M. (2016). Understanding of photosynthesis concepts related to students' age. Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future. Part 1: Learning science: conceptual understanding. *University of Helsinki*, 71–277.

Rannikmäe, M., ja Soobard, R. (2014). *Paradigmaatilised suundumused loodusainete õpetamisel üldhariduskoolis*. TÜ Loodusteadusliku Hariduse Keskus. Tartu: Eesti Ülikoolide Kirjastus.

Rannikmäe, M., ja Teppo, M. (2010). Õpilaste arusaamade arvestamine loodusainete õpetamisel.

<https://oppekava.ee/opilaste-arusaamade-arvestamine-loodusainete-opetamisel/> (06.08.2021)

Ray, A. M., ja Beardsley, P. M. (2008). Overcoming Student Misconceptions about Photosynthesis: A Model- and Inquiry-Based Approach Using Aquatic Plants. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 45(1), 13–22

Relve, K., Kirk, A., Tuvikene, A., Pappel, P., Hain, E., Mägi, E., Randveer, A., Kollist, Ü. (2017). *Bioloogia õpik 7.klassile*. Tallinn. Avita.

Skribe-Dimec, D., ja Strgar., J (2017). Scientific Conceptions of Photosynthesis among Primary School Pupils and Student Teachers of Biology. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 7(1), 49–68.

Sirel, K., (2013). *Loodusõpetus 3.klassile*. Tallinn. Koolibri.

Tenhunen, A., Hain, E., Venäläinen, J., Tihtarinen-Ulmanen, M., Holopainen, M., Sotkas, P., Happonen, P., Tsaro, K., Haldre, K. (2012). *Bioloogia gümnaasiumile 2*. Tallinn. Avita.

Toom, M., Tedersoo, L., Relve, K. (2017). *Bioloogia õpik 8.klassile, I osa*. Tallinn. Avita.

Töldsepp, A., ja Lukason, A. (2012). *Keemia. Ained ja keemilised muundumised. 8.klassile*. Tallinn. Koolibri.

Vällik, M. (2018). Fotosünteesiga seotud arusaamad ja vääraarusaamad V-IX klassi õpilaste seas Tabivere põhikooli näitel. *Tartu Ülikooli magistr töö*.

Õunapuu, L.(2014). Kvalitatiivne ja kvantitatiivne uurimisviis sotsiaalteadustes. *Tartu Ülikool*.

https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/36419/ounapuu_kvalitatiivne.pdf?sequence=1&is (06.07.2021)

Özay, E., ja Öztaş, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37, 68-70.

Wiggins, G., ja McTighe, J. (1998). Understanding by Design. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development. http://www.ascd.org/ASCD/pdf/siteASCD/publications/UbD_WhitePaper0312.pdf (16.08.2021)

Yenilmez, A., ja Tekkaya, C. (2006). Enhancing Students' Understanding of Photosynthesis and Respiration in Plant through Conceptual Change Approach. *Journal of Science Education and Technology*.15, 81-87.

Summary

This dissertation expands on how the 6th, 9th and 12th grade students understand the photosynthesis. The aim of this paper was to research their understandings in regards to the processes of photosynthesis. In order to reach the goal the following questions were raised:

- How do year 6,9 and 11 understand photosynthesis?
- What are the differences in grasping photosynthesis amongst boys and girls?
- What kind of misunderstandings have the students developed in regards to photosynthesis?

18 questions were created for this research, which were based on Marmaroti and Galanopoulou's (2016) research. The data was gathered via Google Forms online questionnaire. 127 students took part of the questionnaire. Taking part of this research was voluntary. The pupils, parents and schools were fully made aware of the research.

The research showed that the older students (year 9 and 11) understandings about photosynthesis is better than year 6. Girls comprehend it better than boys. The results showed that similarly to previous researches, the students have developed some misunderstandings in regards to the process of photosynthesis. It came out that they do not understand what the base elements for photosynthesis are and which gas do plants require for breathing.

In conclusion you could say that the goals within this dissertation were met and the questions got answered.

The results of this dissertation are only valid within this selection.

Lisad

Fotosüntees ja hingamine



Olen Külli Štukert, õpin Tartu Ülikoolis, gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja erialal ja kirjutan magistritööd teemal "Õpilaste arusaamad ja väärarusaamad fotosünteesi protsessist erinevates kooliastmetes". Küsimustikule vastamine võtab aega umbes 20 minutit. Vastused on anonüümsed ja kasutan neid vaid oma magistritöö tegemisel.

Õpin (kooli nimi)



Lühike vastuse tekst

Sugu *

☐ mees

☐ naine

Klass *

☐ 6.klass

☐ 9.klass

☐ 11.klass

Taimede ehitus ja toitumine



Kirjeldus (valikuline)

1. Millistes taimeosades toimub fotosüntees peamiselt? Vali kõige õigem vastus! *

- ☐ juurtes
- ☐ vartes
- ☐ lehtedes
- ☐ õites

2. Miks on taimed rohelised? *

Pikk vastuse tekst

3. Millised taimeosad sisaldavad klorofüllit? Vali kõige õigem vastus! *

- ☐ lehed
- ☐ varred
- ☐ juured
- ☐ õied
- ☐ kõik taime rohelised osad

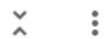
4. Kust saavad taimed eluks vajalikud toitained? Vali kõige õigem vastus! *

- ☐ toodavad ise veest ja süsihappegaasist
- ☐ toodavad ise veest ja hapnikust
- ☐ toodavad ise süsihappegaasist ja hapnikust
- ☐ lagundavad orgaanilisi aineid

5. Milline tähtsus on klorofüllil fotosünteesi protsessis? Vali kõige õigem vastus! *

- ☐ klorofüll on fotosünteesi toimumiseks hädavajalik
- ☐ klorofüllil tekib fotosünteesi käigus
- ☐ klorofüll ei oma fotosünteesi protsessis mingit tähtsust
- ☐ klorofüllil kulub fotosünteesi käigus
- ☐ klorofüll võimaldab valgusenergiat muundada keemiliseks energiaks

Fotosüntees ja energia



Kirjeldus (valikuline)

6. Millist liiki energiat on fotosünteesi toimumiseks vaja? *

- ☐ päikeseenergiat
- ☐ päikeseenergiat ja soojusenergiat
- ☐ soojusenergiat
- ☐ keemilist energiat
- ☐ mehaanilist energiat
- ☐ mitte ühtegi eelpool nimetatutest

...

7. Fotosünteesi käigus ... (vali kõige õigem vastus!) *

- ☐ energia vabaneb
- ☐ on vaja energiat
- ☐ muudetakse valgusenergia keemiliseks energiaks
- ☐ muudetakse keemiline energia valgusenergiaks
- ☐ seotakse energiat
- ☐ mitte ükski eelpool nimetatutest

Fotosüntees kui keemiline reaktsioon



Kirjeldus (valikuline)

8. Mis on fotosünteesi lähteaineteks? Vali kõige õigem variant! *

- ☐ süsihappegaas ja vesi
- ☐ hapnik ja vesi
- ☐ hapnik ja glükoos
- ☐ süsihappegaas ja hapnik
- ☐ süsihappegaas, vesi ja valgus
- ☐ süsihappegaas, mineraalained ja vesi



9. Mis ained tekivad fotosünteesi käigus? Vali kõige õigem variant! *

- ☐ glükoos ja hapnik
- ☐ süsihappegaas ja glükoos
- ☐ hapnik ja vesi
- ☐ süsihappegaas ja vesi

Fotosüntees ja hingamine



Kirjeldus (valikuline)

...

10. Millised organismid hingavad? Vali kõik õiged variandid! *

- ☐ loomad
- ☐ taimed
- ☐ seened
- ☐ bakterid
- ☐ linnud
- ☐ algloomad

11. Millistes rakuosades toimub fotosüntees? Vali kõige õigem vastus! *

- ☐ lehtedes
- ☐ kloroplastides
- ☐ rakutuumas
- ☐ mitokondrites
- ☐ klorofüllis
- ☐ tsütoplasmas

...

12. Fotosüntees saab toimuda... *

- ☐ ainult valguse käes
- ☐ pimeduses
- ☐ nii valguse käes kui pimeduses

13. Millal taimed hingavad? Vali kõige õigem vastus! *

- ☐ päeval (valguses)
- ☐ öösel (pimeduses)
- ☐ nii päeval kui öösel
- ☐ taimed ei hinga

14. Fotosüntees ja hingamine saavad taimes toimuda samaaegselt. *

- ☐ Jah
- ☐ Ei

15. Millist ainet vajavad taimed hingamiseks? *

- ☐ süsihappegaasi
- ☐ hapnikku
- ☐ veeauru
- ☐ glükoosi
- ☐ õhku

Fotosünteesi tähtsus looduses



Kirjeldus (valikuline)

...

16. Kõik elavad organismid kasutavad hapnikku. Selgita, miks hapnik kunagi otsa ei saa! *

Pikk vastuse tekst

17. Põhjenda, miks loomad ei saa elada ilma taimedeta! *

Pikk vastuse tekst

18. Selgita kolme näite abil, miks on fotosüntees looduses tähtis! *

Pikk vastuse tekst

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Külli Štukert,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Arusaamad fotosünteesi protsessist 6., 9. ja 11 .klassi õpilaste näitel,

mille juhendaja on Regina Soobard,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus 17.08.2021